東京帝國大學理學部紀要
第三類 植物學
第二冊 第一篇

JOURNAL

OF THE

FACULTY OF SCIENCE

IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO

SECTION III BOTANY

Vol. II Part 1



TOKYO
Published by the University
March 12, 1927

The "JOURNAL OF THE FACULTY OF SCIENCE" is the continuation of the "JOURNAL OF THE COLLEGE OF SCIENCE" published by this University in forty-five volumes (1887–1925), and is issued in five sections:

Section I.—Mathematics, Astronomy, Physics, Chemistry
Section II.—Geology, Mineralogy, Geography, Seismology
Section III.—Botany
Section IV.—Zoology
Section V.—Anthropology

All communications relating to this JOURNAL should be addressed to the DEAN OF THE FACULTY OF SCIENCE, IMPERIAL UNIVERSITY OF TOKYO.

Experimentelle Zytologische Beiträge.

I. Mitteilung. Orientierungsversuche an den Wurzelspitzen einiger Pflanzen.

Contributions to Cytology and Genetics from the Departments of Plant-Morphology and of Genetics, Botanical Institute, Faculty of Science, Tokyo Imperial University, No. 58.

Von

Gihei YAMAHA.

EINLEITUNG.

Folgender Abhandlung liegen eine Reihe von Versuchen zugrunde, welche im Laufe der letzten fünf Jahre daraufhin angestellt worden sind, uns darin einen Einblick zu verschaffen, wie mannigfaltig sich einzelne Zellbestandteile unter verschiedenen künstlich angerichteten Bedingungen zu erkennen geben. Zunächst sollten aber unsere Experimente nur auf die Entscheidung abzielen, ob die sogenannten achromatischen Fäden (Spindelfäden, kinoplasmatische Fäden, Verbindungsfäden, Kernspindel usw.), die bei der Karyokinese höherer Pflanzen nur im fixierten Zustande in die Erscheinung treten,* entweder schon im Leben präformiert sind, d. h. zu einer der unsichtbaren Zellstrukturen gehören oder eine erst bei oder nach dem Tode der Zelle einsetzende darstellen. Man darf denn von vornherein erwarten, dass sich die betreffende fädige Struktur in beiden Fällen verschiedenen äusseren Eingriffen gegenüber, nicht ganz in derselben Weise verhalten müsste. Im Laufe der Versuche haben wir aber häufig Gelegenheit gehabt, allerlei bemerkenswerte Veränderungen, welche jedes Strukturelement der Zelle unter verschiedenartigen äusseren Bedingungen erleidet, z. B. jenes sonderbare bunte Gefüge des künstlich gearteten Zytoplasmas, abnorm verlaufende Karyo- und Zytokinese verschiedener Art, zu

* Das Gegenteil finden wir vereinzelt in der Literatur selbst bis in die neueste Zeit angegeben (vgl. YAMAHA '26), d. h. achromatische Fäden seien auch im lebenden Zustande sichtbar. Auf Grund eigener Erfahrung müssen wir jedoch in solchen Fällen die Gesundheit des beobachteten Objektes in Verdacht stellen (vgl. CHODAT '24).

erblicken, die uns immer zu auffallend wiederkehren, um dabei gänzlich ausser Acht gelassen werden zu können. Demnach zwang uns solche Sachlage dazu, unsere Aufmerksamkeit ferner auch auf andere Zellelemente zu lenken. Auf diese Weise sollte sich der Gegenstand der Untersuchung schliesslich auf jedwedes Strukturelement erstrecken.

Als die in Frage kommenden Agenzien wurden ausser Temperaturen (höhere sowie niedere) und Zentrifugieren, eine Anzahl von Chemikalien angewandt. Über thermischen Eingriff, wie er bei jedem Experiment mehr oder minder stets im Spiele ist und eine weitere Reihe von Versuchen in Anspruch nimmt, wird Ausführliches noch in unserer nachfolgenden Mitteilung behandelt werden. Was den chemischen Eingriff anbetrifft, dessen Besprechung unten den Hauptgegenstand vorliegender Mitteilung ausmachen soll, so haben wir schon etwa hundert Arten chemischer Verbindungen aus allen möglichen verschiedenen Substanzgruppen einer vergleichend systematischen Ausprobierung unterzogen. Dabei werden jeweils unter Berufung auf die physikalisch-chemischen Beschaffenheiten der zur Anwendung gebrachten Chemikalien diejenigen physiologischen Wirkungen, welche schon bisher den letzteren zugeschrieben worden sind, mit in Rechnung getragen, um irgend einen Anhaltspunkt für die kausale Betrachtung über die uns unter die Augen tretenden cytomorphologischen Veränderungen zu gewinnen, indem wir uns jedesmal darum bemühen, zwischen der förmlichen und funktionellen Beeinflussung irgendwelche zuverlässige Symbatie zu finden, was bisher noch nicht gebührend berücksichtigt zu werden scheint.

Abgesehen von den Temperaturschwankungen kommen bei der Experimentierung mit den Chemikalien, deren Wirkung vergleichend untersucht werden soll, zwei wichtige Faktoren zur Geltung, nämlich die Konzentration wirksamer Stoffe und Wirkungsdauer. Wie beziehen sich die beiden quantitativ zueinander, wie weiter zu der Wirksamkeit, hängt davon ab, auf welche Art der physiko-chemischen Vorgänge es uns dabei ankommen wird. Um ein Beispiel zu nennen, für die Adsorptionserscheinungen, wie sie auch auf dem experimentellen Gebiete mit Häufigkeit bemerkbar geworden sind, gilt nach Ostwald &c.[1] die Formel: $C^n t = W$, wo C Konzentration, t Wirkungsdauer, W Wirksamkeit und n eine Konstante bedeutet, welch letztere zwar fast für alle Substanzen <1, gewöhnlich zwischen 0,2 und 0,8 liegt. Der Umstand wird natürlich nicht derselbe sein, wenn es sich um eine rein chemische Reaktion, Diffusionsvorgang usw. handelt. Jedenfalls erscheint es recht willkürlich, ob man die eine oder andere von beiden

1) Siehe z. B. Czapek ('13 S. 149), Williams ('18, S. 598; '22) &c.

unabhängigen Variabeln ins Auge fassen will, um eine und dieselbe Wirkung zu erzielen. Von der praktischen Seite aus wird es aber bequemer und übersichtlicher sein, bei gleichbleibender Wirkungsdauer verschieden gesetzte Konzentrationen einer Substanz nach Masse der Wirksamkeit gegeneinander zu rechnen, als das umgekehrte Verfahren, wie es der Fall ist, wenn man von einer Grenz- oder kritischen Konzentration spricht. Dass es doch nicht immer zuträglich bleiben kann, ist auch aus einem von OSTERHOUT[1] angeführten Falle zu ersehen. Da uns zunächst die Aufgabe gestellt wird, für möglichst verschiedenartige Substanzen die bezüglichen wirksamen Konzentrationen zu ermitteln, so müssen wir es vorderhand mit in den Kauf nehmen, in allen nachstehenden Versuchen die Wirkungsdauer für alle Chemikalien gleichzusetzen und die Beeinflussung verschiedener Wirkungsdauer ausser Acht zu lassen. Weitere Versuche daraufhin werden aber beabsichtigt.

Den Ergebnissen nach kommen unsere Experimente beiläufig mit dreierlei zytologischen Fragen in Berührung.

Zu 1. Bei den übermaximalen bezw. tötlichen Konzentrationen angewandter Chemikalien können Zellbestandteile mehr oder minder fixiert werden, d. h. die Zelle im Laufe der Wirkungsdauer unter annähernder Beibehaltung ihrer morphologischen Struktur abgestorben sein. Dabei stehen vor uns allerhand Fixierungsbilder, Artefakte verschiedener Kategorien usw. Über die Fixierungsprozesse liegen allerdings schon eine Anzahl von vortrefflichen Arbeiten vor. Entweder werden sie jedoch der Hauptsache nach auf die rein morphologischen Betrachtungen der mit erprobten Fixierungsmitteln gewonnenen Fixierungsbilder begründet,[2] oder sie beziehen sich lediglich auf die Anwendung der gewebefixierenden Mittel auf die künstlich dargestellten Stoffe, wie Eiweisskörper, Nukleinsäuren usw.[3] Die ersteren vermögen uns nichts mehr als die empirischen Regeln für Fixierungstechnik mit sich zu bringen, während die letzteren immer gezwungen sind, sich von den verschiedenen wichtigen Faktoren abzuschliessen, welche sich bei dem Fixierungsprozesse in den lebenden Zellen geltend machen. Alle gebräuchlichen Fixierungsmittel sind rein die Erzeugnisse des günstigen Zufalls beim systemlos vorgenommenen Erproben verschiedener Substanzen oder Substanzgemische. Wir sollten dafür immer von den systematischen Untersuchungen des physiko-chemischen Verhaltens des einzelnen Bestandteils jedes Fixierungsmittels gegenüber Plasma-

1) OSTERHOUT ('22 S. 70).

2) z. B. TELLYESNICZKY ('98), WASIELEWSKI ('99).

3) z. B. FISCHER ('99), BERG ('03, '04).

kolloiden ausgehen. Was BECHER für Färbetechnik sinnreich hervorgehoben hat, das behält auch in diesem Fall seine völlige Geltung.[1] Da wir somit nur wenig über die Theorie der Fixierungsprozesse unterrichtet sind, so sei es uns geboten, gelegentlich unsere Aufmerksamkeit auch daraufhin zu richten, damit die moderne Mikrotechnik hoffentlich auf einer festen theoretischen Unterlage einmal fussen kann.

Zu 2. Bei übermaximaler Konzentration ist es uns noch weiter häufig aufgefallen, dass verschiedenen Substanzen gegenüber sich das eine der Strukturelemente derselben Zelle mikrochemisch ganz anders verhält als das andere. Dabei haben wir gute Gelegenheit gehabt, in die mikrochemischen Unterschiede unter den einzelnen Zellbestandteilen, z. B. zwischen Zytoplasma und Karyoplasma, Karyotin und Nukleolin &c. Einsicht zu nehmen. Wenn unsere Versuchsanordnung zu diesem Behufe schon nicht ganz einwandfrei sein mag, so erscheinen dennoch die Ergebnisse aus mit lebenden Materialien angestellten Versuchen weitgehend und lehrreich, da sich unsere Kenntnis über Mikrochemie der Zelle bei grosser Fülle bisher erschienener einschlägiger Literatur noch im argen Zustand befindet, umso mehr, als eine Mehrzahl der bisherigen Angaben gewöhnlich nur auf mit Alkohol, Formol usw. fixierte Objekte sich bezieht, die sich verschiedenen Reagentien gegenüber nicht immer in gleicher Weise verhalten wie die lebenden.[2]

Zu 3. Es fallen auf verschiedene submaximale Konzentrationen der Chemikalien, wo sich auch morphologisch mannigfache Abnormitäten der Zellstrukturen darbieten können, welche unser besonderes Interesse für sich beanspruchen. Hierher gehören auch künstlich ausgelöste Unregelmässigkeiten der Karyo- und Zytokinese, worüber schon eine Menge von stattlichen Abhandlungen vorliegt. Bezüglich der physiologischen sowie physiko-chemischen Faktoren, wie sie ohne Zweifel an dem Zustandekommen solcher abnormen Bilder Anteil haben, ist aber darin nichts mehr als ein blosser Hinweis erörtert worden. Es nimmt uns nicht wunder, dass man hier seiner peinlich rauhen Phantasie freien Lauf gelassen hat. Man gedenke nur der Amitosenfrage, der Beziehung der Spindelfäden zur Chromosomenverteilung, des Rückganges oder Ausbleibens der Zytokinese unabhängig vom Mitosenverlauf, der Schreckwirkung der Temperatur, Nachwirkung der Narkotika usw. Es sei jedoch hier bedauert, dass jede unserer Versuchsreihe zu kurz abgeschlossen wurde, um weiteren Verlauf der Zellteilungsanomalien zu verfolgen.

---

1) BECHER ('21. III-IV).
2) vgl. z. B. auch CZURDA ('22).

I. Experimenteller Teil.

Methodisches.

Grundversuche wurden angestellt mit etwa 4 ccm langen Keimwurzeln von *Vicia Faba*, die vorher wie gewöhnlich in Sägespänen aufgeschossen waren. Es kommen stets nur solche zum Gebrauch, welche völlig gesund aussehen und ganz gerade wachsen. Parallel dazu haben wir in einigen Fällen auch mit Wurzelspitzen von anderen Pflanzen, nämlich *Allium Cepa*, *Glycine Soja* und *Vigna chinensis* experimentiert. Nach flüchtigem Abspülen mit destilliertem Wasser werden die Wurzelspitzen in die wässrige Lösung verschiedener Chemikalien eingetaucht, deren Menge so genommen wird, dass 20 ccm Lösung auf je eine Wurzel entfällt, und worin sie 2 Stunden lang (mitunter auch 1 oder 3 Stunden) verweilen. So behandelte Wurzeln wurden gewöhnlich 1 Stunde lang mit fliessendem Wasser gründlich ausgewaschen, bevor sie in die Fixierungsflüssigkeit gelangten. Die nachfolgenden mikrotechnischen Verfahren geschahen auf ganz dieselbe Weise, damit die verschieden behandelten Objekte nachher miteinander einem genauen Vergleiche zu unterliegen befähigt waren. Zur Fixierung so behandelter Keimwurzeln, welche bei übermaximaler Konzentration der Chemikalien in den meisten Fällen ohne nennenswerte Beeinflussung der mikroskopischen Bilder ausgelassen werden konnte, wurde Flemmingsches Gemisch (Bonner Rezept) herangezogen, und zwar nicht deshalb, weil es unter allen gebräuchlichen Fixiermitteln uns die naturgetreuesten Bilder zu liefern imstande ist, sondern nur aus dem Grunde, weil davon geläufig von modernen Zytologen am liebsten Gebrauch gemacht worden ist. Im Gegenteil, es hat sich späterhin herausgestellt, dass die Fixierung mit ihm keineswegs immer vollkommen ausfällt, sondern zu unserem Zweck noch viel zu wünschen übrig lässt.[1] Das 5μ dick geschnittene Objekt wurde mit Heidenhains Eisenhämatoxylin kombiniert mit Lichtgrün oder Säurefuchsin, und Flemmings Safranin-Gentianaviolett-Orange G gefärbt. Letzteres Verfahren wird nachher durch Bechers Beizenfarbstoffe, hauptsächlich Anthracenblau und Alizarinbordeau (gelöst in Aluminiumsulfat) ersetzt, welche manche Vorzüge gegenüber dem erstgenannten Verfahren aufweisen, wie ich schon früher hervorgehoben habe.

1) Über die Verwertbarkeit verschiedener Fixierungsbilder wird Ausführliches anderswo insbesondere erörtert werden, auch siehe unten.

Aufgenommen wurden alle unsere Mikrophotographien mit Hilfe der Beckschen Mikrophotographischen Kamera unter Verwendung von Zeissschem Apochromat-Objektiv 2 mm (N.A. 1,30) und Kompensationsokular 8 (×10). Dabei war eine Kollektorlinse zwischen der Lichtquelle (einer 100 Watt Glühlampe) und Watsons holoskopischem Ölimmersionskondensor eingeschaltet, so dass sie den Köhlers Beleuchtungsgrundsätzen gemäss[1] ein scharfes Bild der ersteren auf der Irisblende des letzteren entwerfen konnte, die meist nicht weiter als auf dreiviertel der N.A. vom benutzten Objektiv eingeengt wurde.

Was nun schliesslich die Dosierung der Chemikalien angeht, so haben wir, in den meisten Fällen von einer Molekularlösung (volummol) derselben ausgehend, jede Konzentration nach folgender geometrischer Reihe mit dem Quotienten ½ abgestuft:

Mol in Lit.: 2^0, 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5} &c.

Bei der Anwendung einzelner Chemikalien war die Reinheit derselben zur besonderen Vorsicht gemacht. Trotzdem haben sie sich einige Male erst später auch beigemengt gestaltet.

Versuche wurden bei Zimmertemperatur (15°—20°C) angestellt, wenn nichts anderes bemerkt wird.

Verzeichnis verwendeter Chemikalien.

1. *Anorganische Säuren.* Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chromsäure ($Cr\,O_3$), Platinchlorid ($H_2\,Pt\,Cl_6$), Phosphormolybdänsäure, Arsenigsäure, Borsäure.
   Anhang: Osmiumsäure ($Os\,O_4$), Wasserstoffsuperoxyd ($H_2\,O_2$).
2. *Alkalien.* Kalilauge, Ammoniak, Javellesche Lauge.
3. *Schwermetallsalze.* $Au\,Cl_3$, $Ag\,NO_3$, $Cu\,SO_4$ 5Aq; $Hg\,Cl_2$, $Zn\,Cl_2$, $Zn\,SO_4$ 7Aq, $Cd\,Cl_2$ $2^1/_2$ Aq; $Sn\,Cl_2$ 2Aq; $Pb\,(NO_3)_2$, $Pb\,(CH_3\,CO_2)_2$ 3Aq; $Fe\,Cl_3$, $Fe\,SO_4$ 9Aq, $Ni\,SO_4$ 7Aq, $Co\,Cl_2$ 6Aq, $Co\,SO_4$ 7Aq, $Mn\,SO_4$ 4Aq.
4. *Salze von Erdmetallen und Erdalkalien.* $Mg\,SO_4$ 7Aq, $Al\,Cl_3$, $Al_2(SO_4)_3$; $Sr\,Cl_2$, $Ba\,Cl_2$, $Ca\,Cl_2$.
5. *Anorganische Alkalisalze.* $K\,Cl$, $Na\,Cl$, $Li\,Cl$, NH_4Cl; K_2SO_4 10Aq, $(NH_4)_2SO_4$; $K\,NO_3$, $K\,Br$, KJ, $K\,Cl\,O_3$, $K\,CN$, $K_2\,Cr\,O_4$, $K_2\,Cr_2\,O_7$, $K\,Mn\,O_4$, $K_3\,Fe\,(CN)_6$, $K_4\,Fe\,(CN)_6$ 3Aq; Na_2SO_3 7Aq, $Na_2S_2O_3$ 5Aq, Na_2CO_3 10Aq, $Na\,H\,CO_3$, $Na_2B_4O_7$ 10Aq; NH_4SCN.
6. *Organische Säuren.* Ameisensäure, Essigsäure, Trichloressigsäure, Buttersäure; Oxalsäure, Fumarsäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure, Weinsäure, Citronensäure; Pikrinsäure, Salizylsäure, Gallussäure.
7. *Salze organischer Säuren.* ameisensaures Natrium, essigsaures Natrium, oxalsaures Ammonium, salizylsaures Natrium.

---

1) Vgl. Laubenheimers Lehrbuch der Mikrophotographie S. 94.

8. *Andere organische Verbindungen.* Methylalkohol, Äthylalkohol, Butylalkohol, Isoamylalkohol, Amylenhydrat; Formaldehyd, Chloralhydrat, Glyzerin, Rohrzucker; Aceton, Äthyläther, Chloroform, Benzol, Xylol, Toluol, Terpentinöl; Harnstoff, Anilin, Pyridin, Phenol; Antipyrin, Koffein, Morphin, Atropin, Kokain, Chinin.

Wirkungen des Wassers.

Da bei den nachstehenden Versuchsreihen verschiedene Substanzen immer wieder in wässrigen Lösungen verwendet wurden, so erscheint es uns zunächst dringend notwendig, eine Reihe von Versuchen mit dem Wasser vorauszuschicken, um zu sehen, inwieweit auch die Wirkungen des Wassers allein eine Rolle spielen können. In eine grössere Menge (etwa 1 Lit. pro Wurzelspitze) von destilliertem Wasser sowie Leitungswasser wurden einige Wurzelspitzen von *Vicia Faba* eingetaucht, die eine nach der andern nach 1-, 2-, 3- bis 24-stündigem und weiter 2-, 3- und 4-tägigem Verweilen fixiert wurden. Die Ergebnisse waren wie folgt:

Von zytologischer Seite aus tritt bei 1- und 2-stündigem Eintauchen in Wasser keine bemerkbare Veränderung in der Zelle im Vergleich mit Kontrolle in die Erscheinung. Erst nach 3 Stunden machen sich einige mikroskopische Unterschiede den Kontrollversuchen gegenüber bemerkbar. Da erscheint Karyotinstruktur mehr netzartig, heller Hof um den Nukleolus etwas breiter, achromatische Fäden, Kernmembran und Hautschicht ausgeprägter. Zytoplasma zeigt eine schwach filzige Struktur mit bläschenartigem Körper (verunstalteten Leukoplasten?), besonders im Inneren der in destilliertem Wasser befindlichen Wurzelspitze (Fig. 1), während es im Leitungswasser vielmehr arm gerinnselig und häufig zu etlichen Schrumpfungen geneigt ist. Vereinzelt finden wir in destilliertem Wasser das Karyotinelement in ruhenden Kernen etwa linsenförmig von Kernmembran abgelöst, wie schon Němec ('10) und Sakamura ('20) bei Plasmolyseversuchen auffällt (siehe auch unten). Karyo- und Zytokinese scheinen bei beiden Fällen ganz normal zu verlaufen.

Bei 24 stündigem und zweitägigem Verweilen wirken das destillierte Wasser und das Leitungswasser voneinander sehr verschieden. Im ersteren zeigt sich Karyotin dünn netzig, häufig mit Karyosomen im Sinne Lundegårdh ('12b, '13) besät, Zytoplasma grob filzig, mit Bläschenstrukturen ausgerüstet und gewöhnlich nicht von Zellwand abgehoben (Fig. 2). Die ganze Wurzel ist mitosenfrei geworden. Im Leitungswasser dagegen weist Karyotin eine gröber netzige Struktur,

Zytoplasma eine grob netzige oder schwach filzige auf. Mitosen mit ungemein deutlichen Spindelfäden kommen nicht selten vor. Hier nähern sich die ganzen Bilder mehr dem normalen als im destillierten Wasser. In beiden Fällen erscheint Nukleolus meist hoffrei, eckig kontouriert und hat nicht im mindesten an seiner Färbbarkeit eingebüsst.

Nach 3 Tagen wird Karyotin auch in Leitungswasser blass körnig oder fein netzig und immer karyosomreicher, Zytoplasma dünn-gerinnselig oder filzig (besonders im destillierten Wasser). Wiederholt findet man die Kerntasche (Zytoplasmamasse um den Kern) und den Spindelraum (bei Leitungswasser) nach aussen hin mit einer hautschichtartigen Membran abgegrenzt (sieh auch unten). Nukleolus sieht erst etwas blasser aus. Mitosenfiguren sind im Leitungswasser noch in Spur beibehalten.

4 tägige Wirkung des Wassers lässt Karyotin flockig-netzig werden, Nukleolus etwas blasser und Zytoplasma arm gerinnselig, welch letzteres mit flockigem Niederschlag versehen ist (Fig. 3). Im destillierten Wasser sind Zellen teilweise abgestorben, homogenisiert oder geschrumpft. In Leitungswasser wird Karyokinese noch nicht gänzlich sistiert und keine Zelle abgetötet.

Alle oben niedergelegten zytologischen Veränderungen spiegeln zweifelsohne die Giftigkeit des reinen Wassers für lebendes Protoplasma wieder, worüber auch schon auf physiologischem Gebiete eine Anzahl von Angaben vorliegt, so z. B. Hansteen-Cranner ('19 &c), Spek ('21), Sakamura ('22 S. 151), Lepeschkin ('24 S. 176) Scarth ('24), Kisser ('25, S. 435 ff.) usw.

Nach alledem lassen sich die Wirkungen des Wassers folgendermassen zusammenfassen:

1. Im Wasser wird jeder Zellbestandteil allmählich immer substanzarmer, was allem Anschein nach teils auf Hungererscheinungen, teils auf die Exosmose der Lipoidsubstanzen (Hansteen-Cranner '19 &c.) zurückzuführen ist. Gleichzeitig treten membranartige Strukturen der Zellen, z. B. Hautschicht, Kernmembran, Spindelfäden, filzige Struktur des Zytoplasmas &c.[1] ausgesprochen hervor.

2. In den Kernen geht eine Vergröberung (Dispersitätsverminderung) des Karyotins bezw. Karyosomenvermehrung mit Karyotinverarmung einher (vgl. Schwarz '92 S. 98, 99, Sabline '03 S. 489).

---

1) Alle diese Strukturen brauchen nicht genau den lebend vorhandenen zu entsprechen.

3. Abnorme Mitosen werden nicht beobachtet (im Gegensatz zur Angabe STOCKBERGERS ('10 S. 411)).

4. Die ganze Wurzel wird binnen 24 Stunden im destillierten Wasser frei von Karyokinese, welche in Leitungswasser zwar sehr gehemmt aber noch 4 Tage lang vonstatten geht (vgl. auch SABLINE '03 S. 489, STOCKBERGER '10 S. 411).

Diese strukturelle Beeinflussung wird im destillierten Wasser bedeutender und schneller hervorgebracht sein als im Leitungswasser. Inwieweit sie der sauren Reaktion oder der Salzfreiheit des ersteren zuzuschreiben ist, müssen wir einstweilen dahingestellt bleiben lassen.[1] Es hat den Anschein, als ob die beiden Faktoren auch bei unseren Versuchen zusammen auf Protoplasma quellungsfördernd (s. SCHWARZ '92 S. 170), also permeabilitätserhöhend einwirken, wie z. B. LLOYD ('24) bemerkt. In diesem Zusammenhange ist es merkwürdig, dass Wasser Karyotin im entgegengesetzten Sinne, d. h. entquellend, dementsprechend dispersitätsvermindernd, zu bewirken scheint.

Häufig wird Wabenbildung oder Vakuolisierung im Zytoplasma durch Wasser für andere Objekte bemerkt, z. B. von SCHWARZ ('92 S. 170), DEGEN ('05 S. 204), siehe auch DAVENPORT ('08 S. 76). In unseren Fällen bleibt es aber in der Tat ganz aus, und zwar wahrscheinlich aus dem Grunde, dass es sich entweder bei uns nur um embryonale Zellen handelt oder dass sich die angeblich entstandenen Vakuolen nicht durch Fixierung konservieren lassen. Die letztere Möglichkeit liegt viel näher, wie man unten sehen wird.

Allerlei Wasserwirkungen werden durch Temperaturerhöhung erheblich befördert, was sich an die permeabilitätssteigernde Wirkung der Temperatur anzuknüpfen scheint. (Vgl. II. Mitteilung dieser Beiträge).

WIRKUNGEN VON SALZSÄURE.

Geprüft wurde diese Säure in folgender Verdünnung der Stammlösung (käufliche konz. HCl=11,56 Mol.):

2^2, 2^3, 2^4, 2^5 . . . . bis 2^{16}.

× 2^{-2}: Die peripher liegenden Zellen werden ganz geschrumpft und zerstört, während im Inneren sie mehr oder minder fixiert werden. Zytoplasma ist fein

1) Das hier benutzte destillierte Wasser, wie auch sonst, reagiert etwas sauer (pH=5.2-5.4) wegen Kohlensäuregehaltes, während das Leitungswasser ein wenig alkalisch (pH=7.2-7.4), vgl. auch MICHAELIS ('21 S. 21), KOLTHOFF ('26). Über die Methoden zur Bestimmung der pH-Werte einzelner angewandter Flüssigkeiten vgl. YAMAHA ('25 b).

gerinnselig, von Zellmembran abgelöst; Karyotin erscheint schön netzig, Chromosomen meist vakuolig. Bemerkenswert ist ausserdem, dass in Kernen von den Nukleolen nichts zu sehen ist (Fig. 4) und weiter dass die achromatische Substanz in der Karyokinese homogen oder gerinnselig sich zeigt.

$\times 2^{-3}$: Zytoplasma sieht gerinnselig aus und etwas geschrumpft. Karyotin ist in der Peripherie der Wurzelspitzen ausgehöhlt, im Inneren netzig-vakuolig. Nukleolus wird auch hier gelöst oder erblasst und mit hellem Hof versehen. Spindelfäden erscheinen ziemlich klar.

$\times 2^{-4}$: In der Peripherie der Wurzel werden die Zellen merklich geschrumpft, während im Inneren die Zellstruktur besser fixiert wird, etwa wie bei $\times 2^{-3}$. Hautschichtartige Struktur wird beobachtet häufig um die Kerntasche, den Spindelraum (siehe oben). (Fig. 5)

$\times 2^{-5}$: In grossen Zügen wie bei 2^{-4}, nämlich Zytoplasma gerinnselig oder vakuolig, stets von Zellmembran abgehoben. Karyotin und Chromosomen werden vakuolisiert; Nukleolus erblasst, vakuolig mit hellem Hof umgeben. Spindelfäden sind ziemlich sichtbar.

$\times 2^{-6}-2^{-11}$: Im wesentlichen ähnlich fixiert wie oben. Zytoplasma etwas von Zellwand abgelöst, gerinnselig, vakuolig. Karyotin vakuolig netzig. Nukleolus noch erblasst, heller Hof ist aber etwas verengt. Spindelfäden sind ziemlich bemerklich. Solche Figuren, wie ich früher ,,tassement équatorial" genannt habe[1] werden häufig angetroffen (Fig. 6). Fixierungsoptimum liegt gerade bei der Konzentration $\times 2^{-7}$, also ungefähr 0.33%.

$\times 2^{-12}$: Hier liegt die minimale tötliche Konzentration. In der Peripherie der Wurzel werden die Zellen homogenisiert, im Zentrum der Wurzel werden sie zerstört und geschrumpft.

$\times 2^{-13}$: In der Peripherie wird die Zellstruktur zerstört (H Cl-Wirkung), im Innern der Wurzel wird sie fixiert (erst mit Flemmings Gemische). Zytoplasma ein wenig von der Zellwand abgelöst, gerinnselig-filzig, mit Bläschenstrukturen versehen, oder auch mit grossen Vakuolen durchsetzt. Karyotin flockig-netzig oder gerinnselig-flockig. Nukleolus meist mit Hof umgeben, Spindelfäden ganz schwach bemerkbar (im Innern der Wurzel fast wie normal), Zytokinese normal. Als abnorme Mitosenfiguren sind häufig anzutreffen: Metaphase mit persistenten Nukleoli (extranuklearen Nukleolen) oder mit anastomosierten Chromosomen (Rückbildung der Karyokinese, einpolige Karyokinese, eingruppige Rekonstruktion im Sinne Sakamuras ('20)). Anaphase mit Chromosomenbrücken (Anaphasenbrücke), Telophase mit Karyodesmosen (Telophasenbrücke) (Pseudoamitosen). Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen usw.

$\times 2^{-14}$: Zellen vereinzelt zerstört (besonders bei peripher liegenden), Mitosenanomalie selten.

$\times 2^{-15}$: alle Zellen fixiert; Mitosenanomalie äusserst selten, sonst ganz normal.

$\times 2^{-16}$: völlig normal.

---

1) siehe Bot. Mag. Tokyo Vol. 39: S. (73), (134).

Bei den tötlichen Konzentrationen ($\times 2^{-2}$–2^{-12}) werden behandelte Wurzelspitzen beim Einlegen in das Fixierungsmittel (Flemmings Gemisch) durch Osmiumsäure nicht merklich geschwärzt. (Bei der Konzentration $\times 2^{-13}$ wurden sie dementsprechend nur teilweise geschwärzt.) Dieser Tatsache kommt eine allgemeine Geltung zu und legt uns die Vermutung nahe, dass die in der Zelle enthaltene, osmiumsäurereduzierende Substanz beim Tode der Zellen entweder nach aussen diffundiert oder der Reduktion unfähig wird. Der Umstand erinnert an die angeblich labilen Proteinkörper Loews (siehe z. B. Loew '23). Diese Wurzel sinkt nicht wie gewöhnlich in Chloroform, sondern bleibt schwebend.

Die Ergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen :

1. Bei den tötlichen Konzentrationen ($\times 2^{-2}$–2^{-12}) bewirkt Salzsäure Karyotin vakuolisierend, Nukleolus lösend ($\times 2^{-2}$–2^{-3}) oder beraubt den letzteren seiner Färbbarkeit (mit Kernfarbstoffen) ($\times 2^{-4}$–2^{-11}). Dabei sind Nukleolen mit Hof versehen. Zytoplasma wird etwas geschrumpft und Spindelfäden im allgemeinen deutlich. Hier wirkt also Salzsäure auf Karyoplasma lösend (vgl. auch Schwarz '92 S. 115), auf Zytoplasma schrumpfend ein.

2. Optimale Fixierung wird bei der Konzentration $\times 2^{-7}$ (ungefähr 0,09 Mol) erreicht.

3. Bei minimaler tötlicher Konzentration werden die Zellstrukturen homogenisiert oder zerstört und zwar wahrscheinlich wegen langsamen Absterbens derselben (Dieser Satz kann im allgemeinen gelten).

4. Mitosenanomalien sind bei den Konzentrationen ($\times 2^{-13}$–2^{-14}) anzutreffen, während Zytokinese hierbei ganz normal zu verlaufen scheint, obwohl die achromatischen Fäden sich häufig sehr schwach entwickeln (vgl. Kornfeld '25 S. 484).

5. Dass die Zellen in der Peripherie und im Innern der Wurzel häufig recht verschieden bewirkt werden, scheint dafür zu sprechen, dass Salzsäure wie andere Mineralsäuren nicht so leicht in die Zellen eindringen kann (vgl. Brenner '20, Crozier '22b).

Es ist oft die quellende Wirkung der Salzsäure auf Plasma hervorgehoben (z. B. Fitting '19, Brenner '20, Ulehla u. Moravek '22), was anscheinend mit dem obenstehenden Befunde im Widerspruch steht. Auf diesen Punkt werden wir unten des näheren eingehen (s. theoretischen Teil).

Auf die vakuolisierende Wirkung der Salzsäure auf Karyotin wird

auch von RITTER ('11 S. 234) bei den Konzentrationen, n/100, n/400, u. n/800, aufmerksam gemacht.

Als physiologisch kritische Giftkonzentration (Wirkungsdauer 24 Stunden bei CZAPEK '11 S. 73–4) wird von verschiedenen Seiten aus der Wert n/6400 für HCl und andere Säuren bei den Phanerogamen hingestellt (siehe z. B. HEALD ('96 S. 132, 136), KAHLENBERG u. TRUE ('96 S. 87), CZAPEK ('11 S. 73–4)). Wenn man unter Voraussetzung der Gültigkeit der vorhin angeführten Adsorptionsformel $C^n t = W$ ($n = 0.6$) diesen Wert für unseren Fall (Wirkungsdauer $t = 2$ Std.) umrechnet, so wird man den kritischen Wert $C = 0.0052$ n erhalten, welcher gerade zwischen den Konzentrationen $\times 2^{-11}$ und $\times 2^{-12}$ fällt. Es mag nur ein glücklicher Zufall sein, doch verdient er besondere Beachtung. Der von BRENNER angegebene Grenzwert 1/700 M entspricht bei uns der Verdünnung $\times 2^{14}$.

WIRKUNGEN VON SALPETERSÄURE.

Als Stammlösung kommt 2% Lösung von käuflicher Salpetersäure zur Verwendung. Diese entspricht ungefähr 0.26 Normallösung, deren Verdünnung bis auf 2^9 geprüft wurde.

Bei den Konzentrationen, 2%, $\times 2^{-1}$ und $\times 2^{-2}$: Alle Zellen werden im Groben ziemlich gut fixiert. Plasma dünn gerinnselig (etwas netzartig), auch mit Vakuolen durchsetzt, meist ungeschrumpft. Chromatin teilweise gelöst, ausgehöhlt, blass gefärbt, vakuolig-netzartig angeordnet (Fig. 7). Chromosomen etwas geschrumpft. Nukleolus blass, vakuolig, im Inneren der Wurzel mit Hof umgeben (Fig. 13). Achromatische Fäden ganz vernichtet oder sehr schwach angedeutet, trotzdem Zellplatten wie normal ausgebildet (Fig. 8, 9, 10). Mitosenanomalien häufig gefunden: Metaphasechromosomen zusammengedrückt (Fig. 11) „tassement équatorial"; Anaphase-Brücken usw.

2% $\times 2^{-3}$: Im Inneren der Wurzel Zellen häufig getötet, zerstört, sonst fixiert fast wie oben. Plasma häufig von Zellwand abgelöst, vakuolenreich. Chromatinfärbung wie normal. Sonstige Fixierungsbilder ähnlich wie oben. Persistente Nukleolen in Metaphase sehr oft anzutreffen (Fig. 12). Minimale Fixierungskonzentration.

2% $\times 2^{-4}$: Grossenteils zerstört. Vereinzelt fixiert wie oben.

2% $\times 2^{-5}$: Peripherie der Wurzel zerstört, Im Zentrum derselben die Zellstruktur gut fixiert (mit FLEMMINGS Fixiermittel). Spindelfäden noch schwach entwickelt.

2% $\times 2^{-6}$: Nach aussen liegende Zellen vereinzelt zerstört. Sonst ziemlich gut fixiert. Zytoplasma schwach filzig mit Bläschenstrukturen. Chromatin normal fixiert. Nukleolus meist hoffrei, grau gefärbt. Spindelfäden mitunter auch schwach. Anaphase-Brücken auch sichtbar.

2% $\times 2^{-7}$–2^{-9}: Kontrollmaterial gegenüber kein Unterschied bemerkbar.

Über die Wirkungen von Salpetersäure können wir zusammenfassend sagen :

1. Bei den fixierenden Konzentrationen ($2\% - 2\% \times 2^{-3}$) wirkt diese Säure Karyo- und Zytoplasma lösend oder vakuolisierend. Dabei nehmen Karyotin sowie Nukleolin an ihrer Färbbarkeit ab. Achromatische Fäden erfahren keine Entwicklung und abnorme Mitosen kommen nicht selten vor, während Zytokinese stets ganz normalerweise verläuft.

2. In den Konzentrationen ($2\% \times 2^{-4} - 2^{-6}$) erleiden die Zellstrukturen völlige Zerstörung.

3. Die kritische optimale Fixierungskonzentration entspricht bei dieser Säure der Konzentration ($2\% \times 2^{-2}$), also 0.065 n.

4. Im Vergleich mit Salzsäure liefert Salpetersäure eine Reihe von sonderlichen Fixierungsbildern, was ohne Zweifel auf die molekulare Wirkung dieser Säure zurückzuführen ist. Von physiologischer Seite aus wurde ähnliches von CLARK ('99) behauptet.

5. Salpetersäure lässt sich bei den Konzentrationen höher als $2\% \times 2^{-3}$ als Fixierungsmittel anwenden, obgleich ihre fixierende Wirkung eine sehr mangelhafte ist. Sie wirkt denn strukturlösend, färbbarkeitsvermindernd. Vgl. MANN ('02 S. 70), TELLYESNICZKY ('98 S. 222), WASIELEWSKI ('99).

WIRKUNGEN DER SCHWEFELSÄURE.

Stammlösung: 10% Lösung von käuflicher H_2SO_4, d. h. 1.83 M.

1. Versuche mit Wurzelspitzen von GLYCINE SOJA.[1)]

$\times 2$, $\times 2^0$: Meiste Zellen geschrumpft, zerstört.

$\times 2^{-1}$: Protoplast geschrumpft, von Zellmembran abgelöst, dicht-gerinnselig (periphere Zellen), oder körnig-gerinnselig (im Inneren der Wurzel). Spindelfäden ziemlich hervortretend. Nukleolus blass (leichter entfärbbar), mit Hof umgeben (auch bei $\times 2$, 2^0). Sonst normal fixiert.

$\times 2^{-2}$, $\times 2^{-3}$: In der Peripherie der Wurzel Zellen geschrumpft, von Zellmembran abgehoben. Sonst wie oben fixiert.

$\times 2^{-4}$, $\times 2^{-5}$: Zellen meist von Zellwand abgelöst. Fixierungsbilder wie oben.

$\times 2^{-6}$: Im Inneren der Wurzel die Zellen vereinzelt zerstört. Sonst Fixierung ziemlich gut (Optimale Fixierungskonzentration!). Fixierungsbilder wie oben.

$\times 2^{-7}$: Peripherie der Wurzel fixiert wie oben. Im Inneren der Wurzel Zytoplasma von Zellwand abgelöst. Nukleolus erst färbbar geworden.

$\times 2^{-8}$, 2^{-9}, 2^{-10}: Zellen teils zerstört, teils geschrumpft. Zytoplasma filzig mit Bläschenstrukturen. Im Inneren der Wurzel die Zellen auch wie $\times 2^{-11}$ fixiert (mit Fixierungsmittel).

---

1) Über die normalen Verhältnisse der Zellstrukturen siehe YAMAHA u. SINOTÔ ('25).

$\times 2^{-10}$, $\times 2^{-11}$: Zellen nachfixiert. Plasma gerinnselig, sonst normalerweise fixiert. Spindelsubstanz zuweilen schwach fädig oder körnig fixiert. Teilungsanomalien häufig gefunden:— Metaphasechromosomen zerstreut, verkürzt oder miteinander verschmolzen, anastomosiert (Fig. 14), während Telophase und Anaphase fast normal aussehen.

$\times 2^{-12}$: Abgesehen von der Peripherie der Wurzel, Zellstrukturen beibehalten. Fixierungsbilder wie oben. Metaphase mit verkürzten und zerstreuten Chromosomen. Anaphase sehr selten. Telophase ganz normal.

$\times 2^{-13}$, 2^{-14}, 2^{-15}: Normalerweise fixiert.

2. Versuche mit Wurzelspitzen von VICIA FABA.

$\times 2^{-10}$, 2^{-11}: Die Zellen meistens zerstört. Plasma körnig, von Zellwand abgelöst. Spindelfäden ziemlich deutlich. Chromosomen geschrumpft, Chromomeren und Längsspaltung gut sichtbar (Fig. 15).

$\times 2^{-12}$: Periphere einige Zelllagen zerstört. Sonst fixiert. Plasma gerinnselig-filzig. Chromatin krümelig fixiert. Spindelfäden deutlich, Zytokinese ganz normal. Anaphasen- und Telophasenbrücken häufig. (Fig. 16, 17).

$\times 2^{-13}$: Fast wie normal fixiert. Zytoplasma etwas geschrumpft. Karyotin krümelig. Vereinzelt Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. (Fig. 18).

$\times 2^{-14}$, 2^{-15}, 2^{-16}: Ganz normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Schwefelsäure bewirkt nur bei den Konzentrationen zwischen $\times 2^{-1}$ und $\times 2^{-6}$ fixierend. Die optimale Konzentration liegt bei $\times 2^{-5}$ (0.3% oder 0.057 M). Sie zeichnet sich durch eine erhebliche schrumpfende Wirkung aus und deshalb nicht als Fixierungsmittel geeignet (vgl. MANN '02 S. 71).

2. Bei den Konzentrationen $\times 2^{-7}$–$\times 2^{-10}$ wirkt sie auf die Zellstrukturen zerstörend, während bei $\times 2^{-10}$–$\times 2^{-12}$ verschiedene Mitosenanomalien hervorgebracht werden.

3. Achromatische Fäden bleiben in den meisten Fällen deutlich erhalten und Zellplattenbildung geschieht in normaler Weise.

4. Betreffs der Empfindlichkeit gegenüber Schwefelsäure stimmen *Vicia Faba* und *Glycine Soja* miteinander nicht ganz überein. Das letztere Material erweist sich etwas schwerer betroffen.

WIRKUNGEN DER CHROMSÄURE.

1. Versuche mit Wurzelspitzen von GLYCINE SOJA.

Mol (10%): Alle Zellen werden geschrumpft, zerstört oder homogenisiert.

$M \times 2^{-1}$: Grösserer Teil der Wurzel fixiert, vereinzelt Zellen getötet und geschrumpft. Plasma von Zellmembran abgelöst, gerinnselig-körnig. Chromosomen

etwas geschrumpft, Nukleolus mit ausgeprägtem Hof. Spindelfäden ziemlich deutlich.

M × 2^{-2}, 2^{-3}, 2^{-4}: Fixierungsoptimum! (Fig. 19). Zytoplasma körnig-gerinnselig, nicht im geringsten geschrumpft. Chromosomen etwas runzelig. Nukleolus mit breitem Hof.

M × 2^{-5}, 2^{-6}: Zellen teilweise zerstört. Sonst fixiert wie oben. Zytoplasma gerinnselig, im Inneren der Wurzel etwas geschrumpft.

M × 2^{-7}, 2^{-8}: Teilweise zerstört, Fixierung ähnlich wie oben. In der Peripherie der Wurzel Zellen homogenisiert (absterbend). Vereinzelt angetroffen Metaphase und Anaphase mit verschmolzenen Chromosomen, weiter auch Anaphasenbrücken.

M × 2^{-9}, 2^{-10}: Alle Zellen gut fixiert. Nukleolushof wird etwas schmaler. Zuweilen Metaphase mit verkürzten oder zerstreuten Chromosomen, Anaphasenbrücken. Spindelfäden und Zellplattenbildung ganz normal.

M × 2^{-11}, 2^{-12}, 2^{-13}, 2^{-14}, 2^{-15}: Ganz normal.

2. Versuche mit Wurzelspitzen von VICIA FABA.

Die Ergebnisse fallen mit denen von *Glycine Soja* im Grossen übereinstimmend aus.

M × 2^{-10}: Fixierung ziemlich gut (mit FLEMMINGS Gemisch). Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschenkörpern. Umriss der Kerne etwas gewellt und runzelig (Fig. 20). Kernmembran, Hautschicht, Vakuolenwand, Spindelfäden deutlich. Anaphasen- und Telophasenbrücken auch mitunter bemerkbar.

M × 2^{-11}–2^{-14}: Ganze Zellstrukturen normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Bei den Fixierungskonzentrationen (M × 2^{-1}–M × 2^{-4}) ist stets kein Unterschied in den Fixierungsbildern zwischen der Peripherie und dem Inneren der Wurzel bemerkbar.

2. Bei den Konzentrationen (M × 2^{-5}–M × 2^{-8}) werden die Zellstrukturen häufig leicht der Zerstörung anheimfallen.

3. Mitosenanomalien werden bei den Konzentrationen M × 2^{-7}–M × 2^{-10} ausgelöst. Ganz normal zeigen sich aber Zellplattenbildung und Spindelfiguren.

4. Obgleich die Chromsäure in Bezug auf die chemischen Eigenschaften der Schwefelsäure nahesteht, so verhält sie sich doch in ihren Wirkungen auf Zellstrukturen von der letzteren unverkennbar abweichend, wobei die Anionenwirkung in den Vordergrund zu treten scheint. (vgl. CZAPEK '13 S. 173, DAVENPORT '08 S. 3). Jedenfalls stellt sie eines der ungemein vortrefflichen Fixierungsmittel dar (sieht auch KULTSCHITZKY '87 S. 346, 348, MANN '02 S. 72, TELLYESNICZKY '98 S. 221, WASIELEWSKI '99 &c).

5. Ein schroffer Gegensatz der Chromsäurewirkung zwischen einer höheren (etwa $M \times 2^{-3}$) und einer niederen (etwa $M \times 2^{-8}$) Konzentration scheint von selbst begreiflich zu werden, wenn man einen interessanten Befund ZIMMERMANNS[1] in Betracht zieht, dass die Chromsäure bei höheren Konzentrationen (z. B. 1%) gelbildungsfördernd bezw. viskositätssteigernd, bei niederen Konzentrationen (z. B. 1/20%) viskositätsvermindernd wirken kann, etwa wie es bei Narkotika häufig der Fall ist. (siehe auch unten theoretischen Teil).

6. Auch hier verhält sich *Glycine Soja* äusserem Eingriffe gegenüber empfindlicher als *Vicia Faba*.

WIRKUNGEN DER PHOSPHORSÄURE.

Versuche mit *Vicia Faba*. Temperatur der Lösungen 25°C. Stammlösung—4 Mol. Lit. (9.8 × 4%).

M × 4 *u*. *M* × 2: Alle Zellen werden abgetötet, zerstört, geschrumpft; in der Peripherie der Wurzel die Zellen vereinzelt fixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig mit körnigen Niederschlägen, Chromatin gerinnselig-granulär. Chromosomen geschrumpft. Nukleolus hoffrei, ungelöst bleibend (im Gegensatz zu der Angabe NĚMECS, dass Nukleolus in konzentrierter Phosphorsäure löslich ist[2], NĚMEC '10), etwas verunstaltet. Spindelfäden homogen fixiert.

M: Nur peripher liegende Zellen fixiert, im Innern der Wurzel zerstört, geschrumpft. Zytoplasma etwas geschrumpft, homogen-gerinnselig mit Vakuolen durchsetzt oder auch filzig-vakuolig. Oft an Kanalikuli HOLMGRENS erinnernde Struktur. Karyotin netzig-vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen geschrumpft, häufig verschmolzen, doppelkontouriert. Nukleolus geschrumpft, unregelmässiger Form. Spindelfäden ziemlich deutlich, mitunter abnorm gebogen. Zellplatten deutlich doppelstrukturiert.

$M \times 2^{-1}$: Vereinzelt Zellen getötet, zerstört, sonst wie oben fixiert. Zytoplasma abgerundet geschrumpft, gerinnselig oder filzig, mit zahlreichen Vakuolen versehen, auch Kanalikuli-ähnliche Strukturen. Kern meist verzerrt. Karyotin netzig-vakuolig oder flockig-netzig, mitunter ausgehöhlt, vereinzelt vakuolig von Kernmembran abgelöst (auch bei $M \times 2^{-2}$). Chromosomen geschrumpft, deutlich doppelkontouriert. Nukleolus meist mit Hof umgeben. Spindelfäden ziemlich deutlich, vereinzelt schwach ausgeprägt (bei sterbenden Zellen). Telophasenbrücken sichtbar.

$M \times 2^{-2}$: Optimale und zugleich minimale Fixierungskonzentration. Zytoplasma geschrumpft, von Zellmembran abgelöst, gerinnselig oder filzig, mit deutlichen Vakuolen. Kern auch etwas verzerrt. Karyotin filzig-netzig (peripher) oder netzig-vakuolig, ausgehöhlt (im Innern der Wurzel). Chromosomen gesch-

1) ZIMMERMANN ('23 S. 142).

2) Wir haben auch die gesättigte Lösung (etwa 147%) und weiter 74%, 37% Lösungen (Wirkungsdauer 24 Std.) ohne Erfolg geprüft, vgl. MEYER ('20).

rumpft, doppelkontouriert, flockig strukturiert, vereinzelt verschmolzen. Spindelfäden ziemlich deutlich. Zellplatten häufig doppelstrukturiert. Anaphasenbrücken vorhanden.

$M \times 2^{-3}$: Im Inneren der Wurzel die Zellen zerstört. Sonst fixiert. Plasma gerinnselig-filzig, von Zellwand unabgelöst (in der Peripherie der Wurzel) oder filzig-vakuolig (im Zentrum der Wurzel). Karyotin feinkörnig-netzig. Chromosomen geschrumpft, etwas schlanker, mit deutlichen Aussenhüllen, flockig strukturiert, Längsspaltung deutlich. Spindelfäden deutlich.

$M \times 2^{-4}$: Im Inneren der Wurzel die Zellen teilweise zerstört, geschrumpft. In der Peripherie teilweise fixiert wie oben. Vereinzelt Metaphase mit zerstreuten Chromosomen.

$M \times 2^{-5}$; $M \times 2^{-6}$: Meiste Zellen getötet, zerstört, vereinzelt fixiert wie oben.

$M \times 2^{-7}$: In der peripheren Zone die Zellen meist zerstört, im Inneren etwas nachfixiert. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, filzig-vakuolig mit Bläschenkörpern. Karyotin netzig-körnig oder netzig-vakuolig, mitunter aus den Kernen herausdiffundiert. Chromosomen geschrumpft, verunstaltet. Nukleolus meist mit Hof versehen. Spindel ziemlich fädig.

$M \times 2^{-8}$, $M \times 2^{-9}$: In der Peripherie der Wurzel die Zellen vereinzelt ($M \times 2^{-8}$) oder teilweise ($M \times 2^{-9}$) zerstört. Sonst fixiert. Membranartige Struktur ausgeprägt. Zytoplasma etwas von Membran abgelöst, filzig oder gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig, häufig von Kernwand abgelöst („Karyolyse"). Chromosomen etwas geschrumpft, gerinnseliger Struktur. Spirem gerinnselig oder flockig strukturiert. Nukleolus meist mit Hof versehen. Spindelfäden ziemlich deutlich. Zellplattenbildung völlig normal. Mitosenanomalie sehr häufig: Metaphase mit zerstreuten Chromosomen (von unregelmässiger Anordnung). Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen, zuweilen ohne Zellplattenbildung. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Zytokinese meist normal.

$M \times 2^{-10}-2^{-12}$: Im Inneren der Wurzel vereinzelt zerstörte Zellen. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig, häufig karyolisiert. Chromosomen flockig-gerinnselig strukturiert, etwas verunstaltet, mitunter unregelmässig verteilt. Sonst normal.

$M \times 2^{-13}-2^{-17}$: Keine Anomalien.

Zusammenfassung.

1. Bei den fixierenden Konzentrationen ($M - M \times 2^{-2}$) wirkt Phosphorsäure Zytoplasma schrumpfend und vakuolisierend, Karyotin vakuolisierend und aushöhlend (vgl. Ritter '11 S. 25). Geschrumpft werden auch Chromosomen, häufig miteinander verklebt. Spindelfäden zeigen sich deutlich.

2. Zellstrukturen werden bei den Konzentrationen ($M \times 2^{-3}$–$M \times 2^{-7}$) zerstört.

3. Mitosenanomalien finden im Konzentrationsbereiche ($M \times 2^{-1}$–

$M \times 2^{-9}$) statt, häufig bei $M \times 2^{-8}$ und $\times 2^{-9}$. Dagegen bleiben Spindelfäden und Zytokinese meistens ungestört.

4. Nukleolus lässt sich in der konzentrierten, sogar gesättigten Phosphorsäure nicht auflösen.

5. Dass die im Aussenteile der Wurzel befindlichen Zellen von den innen liegenden sehr verschieden beeinflusst werden, deutet ohne Zweifel auf die schwere Diffundierbarkeit der Phosphorsäure hin.

6. Nach CZAPEK ('11 S. 74) und KAHLENBERG und TRUE ('96) soll Phosphorsäure sich in Bezug auf ihre kritische Giftkonzentration anderen Säuren anschliessen. Aus obenstehenden Ergebnissen ergibt sich aber, dass die letztere etwas höher liegt als andere minerale Säuren, nämlich $M \times 2^{-2}$ (0.25 M).

WIRKUNGEN VON CHLOROPLATINSÄURE.

(Platinchlorid $Pt\ Cl_6H_2$)

Versuchspflanze: *Glycine Soja*

Stammlösung: 2%, d. h. ungefähr 0.04 Mol Lit.

2%, 2% $\times 2^{-1}$, 2% $\times 2^{-2}$: Zellen sehr gut fixiert. Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, fein körnig-gerinnselig, Nukleolus meist mit Hof versehen, Spindelfiguren schwach fädig oder etwas körnig, keine Mitosenanomalien. (Fig. 21).

2% $\times 2^{-3}$, 2^{-4}: Auch gut fixierend. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschen. Spindelfäden deutlich. (Fig. 22).

2% $\times 2^{-5}$: Teilweise Zellen zerstört oder homogenisiert, sonst wie oben fixiert.

2% $\times 2^{-6}$: Ausser Prokambialzone die Zellen zerstört oder homogenisiert.

2% $\times 2^{-7}$: Teilweise nachfixiert (Zytoplasma homogen-gerinnselig). Sonst zerstört oder homogenisiert.

2% $\times 2^{-8}$: Vereinzelt Zellen abgestorben, zerstört.

2% $\times 2^{-9}$: Völlig normal fixiert.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Platinchlorid fixiert die Zellen sehr gleichmässig (2%–2% $\times 2^{-2}$). Minimale Fixierungskonzentration liegt bei 2% $\times 2^{-4}$, also 0,0025 Mol oder 0,125%. Strukturzerstörend wirkt es bei den Konzentrationen zwischen 2% $\times 2^{-5}$ und 2% $\times 2^{-7}$.

2. Sehr erheblich tritt Anionenwirkung hervor, welche sich durch die gleichmässige Fixierung, Verminderung der Färbbarkeit aller Zellelemente dokumentiert. Auch aus ihrer ungemein niedrigen kritischen Konzentration (0.0025M) lässt sie sich schliessen.

3. Platinchlorid kann selbst allein (d. h. ohne Zusammenwirkung anderer Stoffe) ein verhältnismässig vorzügliches Fixierungsbild liefern (vgl. WASIELEWSKI '99).

WIRKUNGEN VON MOLYBDÄNPHOSPHORSÄURE.

Als Stammlösung wird die gesättigte wässrige Lösung (ungefähr 0,5%) genommen.

Stammlösung : Die innen liegenden Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma und Kern meist geschrumpft, diffus gefärbt. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig (Aussenpartie der Wurzel) oder gerinnselig-filzig (innen). Karyotin flockig-körnig. Nukleolus blass gefärbt, häufig mit einer grossen Vakuole besetzt. Spindelfigur schwach fädig. Chromosomen etwas verunstaltet (geschrumpft ?), doppelkontouriert, flockig-gerinnselig, vereinzelt fragmentiert.

$\times 2^{-1}$: Zellen meist zerstört, nur in der Peripherie der Wurzel fixiert wie oben. Chromosomen etwas schlanker, körnig-vakuolig.

$\times 2^{-2}$, $\times 2^{-3}$: Im grössten Teil der Wurzel zerstört.

$\times 2^{-4}$, $\times 2^{-5}$: Vereinzelt Zellen zerstört, Sonst fixiert. Zytoplasma gerinnselig-filzig. Chromatin flockig-körnig oder etwas netzig (besonders im Inneren der Wurzel). Nukleolus etwas eckig. Spindelfäden normal. Zellplattenbildung normal, vereinzelt zentripetal (siehe unten). Chromosomen mit Aussenhüllen, gerinnselig-flockig, etwas verunstaltet, zuweilen fragmentiert. Telophasechromosomen und Spireme häufig anastomosiert oder stachelig. Mitosenanomalien zahlreich befindlich: Anaphasen- und Telophasenbrücken, Telo- und Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Ana- und Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Spindelfiguren zuweilen verlegt (siehe unten). Zellplatten mitunter degeneriert zur homogenen Substanz. Karyomerenbildung auch vorhanden. Besonders bei $\times 2^{-5}$ Chromosomen häufig klumpig, kürzer und dicker werdend, eingeschnürt oder mitenander quer gebrückt.

$\times 2^{-6}$, 2^{-7}, 2^{-8}, 2^{-9}: Alle Zellen nachfixiert. Chromosomen wie oben angegriffen, weiter miteinander verklebt. Als anomale Mitosen bemerkbar: Anaphasenbrücken (Brückenzahl 2–6). Anaphase und Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Tochteranlagen nicht auseinanderweichend, dick gebrückt. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Molybdänphosphorsäure wirkt sehr mangelhaft fixierend (selbst bei gesättigter Lösung), vielmehr häufig zerstörend ($\times 2^{-1}$–$\times 2^{-4}$).

2. Mitosenanomalien werden sehr häufig und in mannigfacher Weise hervorgebracht (bei 2^{-4}–2^{-9}). Auch Zytokinese wird mitunter angegriffen (zentripetale Zellplattenbildung, Ausbleiben der Scheidewandanlagen &c.).

3. Die Wirkungen dieser Säure erscheinen äusserst absonderlich, in einer Weise, die mehr an die Schwermetallsalze erinnert.

Wirkungen von Borsäure.

M × 2^{-1} (*ca.* 3,1%): Zellen vereinzelt getötet, zerstört, meistens nachfixiert. Zytoplasma gerinnselig-filzig oder im Inneren der Wurzel filzig, bläschenhaltig, von Membran abgelöst. Karyotin feinkörnig oder körnig-netzig. Chromosomen merkwürdig verunstaltet zu eckigen dicken Massen, miteinander verschmolzen oder gebrückt, flockig strukturiert. Nukleolus meist hoffrei fixiert. Spindelsubstanz schwach fädig, filzig oder auch deutlich faserig fixiert. Zellplatten normal gebildet. Metaphase mit hellem Hof umgeben, auch „tassement équatorial" (Fig. 23). Anaphasenbrücken häufig. Anaphasenfiguren stets von extranuklearen Nukleolen begleitet (Fig. 24). Metaphase mit zusammengedrückter Chromosomengruppe, mit anastomosierten Chromosomen (eingruppige Rekonstruktion SAKAMURAS ('20)). Währenddessen Telophase immer normal.

M × 2^{-2}; Fast wie oben, nur Spindelfäden ziemlich deutlich. Telophase und Zellplattenbildung wie dort ganz normal. Auch Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase und Anaphase mit anastomosierten Chromosomen. Chromosomen ähnlich verunstaltet, ungeordnet, häufig miteinander verschmolzen.

M × 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}: Karyotin fein netzig. Nukleolus hoffrei fixiert. Chromosomenform minder affiziert. Spindelfäden und Zellplatten meist normal. Vereinzelt auch seitlich angelegte Zellplatten. Ähnliche Anomalien der Mitosen bemerkbar. Ausserdem Anaphase auch mit unregelmässigen Tochteranlagen.

M × 2^{-6}: Karyotin und Chromosomen fast normal fixiert. Spindelfäden zuweilen abnorm gebogen. Vereinzelt Zellplatten zentripetal, auch degeneriert (?). Telophase ohne Zellplattenbildung sehr häufig. Metaphase selten vorkommend. Zuweilen Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

M × 2^{-7}, 2^{-8}, 2^{-9}, 2^{-10}: Vereinzelt seitlich oder zentripetal angelegte Zellplatten, Anaphasenbrücken, etwas abnorm erscheinende Metaphase gefunden, sonst normal.

Zusammenfassung.

1. Borsäure verhält sich der Wirkung nach kaum als eine Säure[1]. Dieser Befund wird auch nachher durch Wasserstoffionenbestimmung bestätigt. Dementsprechend kommt ihr keine fixierende Konzentration zu.

2. Abnorme Mitosen sind sehr oft anzutreffen (M × 2^{-1}–2^{-7}).

1) Vgl. physiologische kritische Konzentration bei KNOP ('85), LOEW ('92), KAHLENBERG u. TRUE ('96), WARINGTON ('23) usw.

Zytokinese kann trotz normaler Spindelbildung bei niedriger Konzentration ($M \times 2^{-3}$–2^{-7}) angegriffen werden.

3. Ruhende Kerne zeigen sich sehr widerstandsfähig; Karyotindispersität wird aber vermindert.

Wirkungen von Arsenigsäure.

Stammlösung: gesättigte wässrige Lösung von As_2O_3 (etwa 0,08 Mol).

Gesättigte Lösung: Zellen teilweise homogenisiert oder zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma gerinnselig, schwach vakuolig oder filzig, im Inneren der Wurzel vom Membran abgelöst. Karyotin flockig-netzig. Kern häufig eckig oder sonst unregelmässig kontouriert. Chromosomen verunstaltet, verdickt. Nukleolus hoffrei. Spindelsubstanz schwach fädig. Zellplattenbildung normal. Metaphase und Anaphase immer mit zusammengedrückten oder anastomosierten Chromosomen. ,, Karyolyse ".

$\times 2^{-1}$: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig oder grobschaumig, im Inneren der Wurzel etwas geschrumpft. Kern häufig unregelmässiger Form. Karyotin flockig-netzig. Chromosomen klumpig, verdickt &c. Nukleolus meist hoffrei. Spindelfigur gerinnselig oder schwach fädig. Zellplatten normal gebildet. ,, Karyolyse ". Abnorme Karyokinesen häufig: Alle Teilungsfiguren abnorm. Metaphase und Anaphase mit gedrückten Chromosomengruppen. Anaphasenbrücken. Telophasenbrücken. Scheidewandbildung vereinzelt ausbleibend. Kernfusion (?).

$\times 2^{-2}, 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}$: Im groben wie oben fixiert. Zytoplasma filzig-vakuolig, auch mit Bläschen. Kern unregelmässiger Form. Karyotin flockig-netzig oder netzig-vakuolig. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden schwach erscheinend. ,, Karyolyse " häufig. Meta- und Anaphase immer mit zusammengedrückten Chromosomen. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Vereinzelt zweikernige Zellen (Telophase ohne Zellplatte). Normale Figuren sehr selten. (Fig. 25, 26).

$\times 2^{-6}, 2^{-7}$: Fast wie oben. Ausserdem Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. Kernfusion. Zweikernige Zellen etwas häufiger. Alle Figuren abnorm.

$\times 2^{-8}$: Normale Mitosen hie und da vorkommend. Zweikernige Zellen uud Kernfusionen häufig. Sonst wie oben.

Parallelversuche werden mit *Allium Cepa* angestellt und Ähnliches wird festgestellt.

Zusammenfassung.

1. Ähnlich wie Borsäure wirkt auch Arsenigsäure nicht als Säure.

2. Karyokinese wird gründlich geschädigt und sie verläuft keinenfalls normal (2^{0}–2^{-7}).

3. Auch Zytokinese wird häufig bei niedriger Konzentration gehemmt (2^{-5}–2^{-8}).

4. Auf Zytoplasma und Spindelfäden übt sie eine homogenisierende oder vakuolisierende Wirkung aus, etwa wie es bei Formol der Fall ist.

5. Ruhende Kerne werden auch hier wieder wenig affiziert.

Die ungemein merkwürdige und gleichsam von Konzentration unabhängige Wirkung der Arsenigsäure scheint dadurch erklärt zu werden, dass Protoplasma angeblich eine bedeutende Menge von dieser Substanz zu speichern vermag (vgl. Brooks '23c).

Teilungshemmende Wirkung von Arsenigsäure wird schon von Sand ('01) angegeben.

Ihrer Wirkung nach ist auch Arsenigsäure mit Schwermetallsalzen vergleichbar.

Vgl. physiologische Arbeiten etwa wie Bokorny ('12b S. 131), Ono ('00), Sand ('01), Knop ('85), Wöber ('20) &c.

Wirkungen von Osmiumsaure (Osmiumtetroxyd).

Versuchspflanze: *Glycine Soja*.

Stammlösung: 2% wässrige Lösung (etwa 0.078 Mol).

2%: Alle Zellen fixiert, besser in den Peripherzonen der Wurzel. Färbung sehr diffus. Kernmembran undeutlich. Zytoplasma von Membran abgelöst, insbesondere in Aussenpartie der Wurzel, homogen-vakuolig, häufig Kanalikuliähnliche Struktur angedeutet. Nukleolus ganz hoffrei! Spindel homogen fixiert (Fig. 27).

2% × 2^{-1}: Fast wie oben fixiert. Ausserdem an die sogenannten Myelinformen erinnernde Figuren[1] (Fig. 28).

2% × 2^{-2}: Fixierung gleichmässiger. Zytoplasma etwas vakuolenreicher. Daher Fixierungsoptimum zugleich minimale Fixierungskonzentration (Fig. 29). Sonst wie oben.

2% × 2^{-3}: Teilweise Zellen zerstört. Zytoplasma immer vakuolenreicher, sonst wie oben.

2% × 2^{-4}, × 2^{-5}: Im Inneren der Wurzel Zellen meist zerstört.

2% × 2^{-6}: Wirkungsminimum. In der Peripherie der Wurzel einige Zelllagen fixiert wie oben. Im Zentrum der Wurzel nachfixiert wie normal. Dazwischen liegen zerstörte Zellen.

2% × 2^{-7}: Osmiumwirkung kaum sichtbar. Zytoplasma ungeschrumpft, filziggerinnselig, mit Vakuolen. Nukleolus mit Hof. Spindel ziemlich deutlich. Metaphase und Anaphase mit ein wenig zusammengedrückten Chromosomen.

2% × 2^{-8}–2^{-10}: Vereinzelt Zellen getötet, zerstört, sonst wie oben.

1) Vgl. Löwschin ('13), Boresch ('14 S. 135), Lundegårdh ('14b S. 590), Biedermann ('18, '19, '20).

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Bei den Konzentrationen (2%–2% × 2^{-2}) wirkt Osmiumsäure Zytoplasma homogenisierend, lipoidemulgierend (2%, 2^{-1}) und vakuolisierend (2^{-2} oder niedriger). Kernstruktur weist sehr naturgetreu fixierte Bilder auf.[1] Minimale zugleich optimale Fixierungskonzentration liegt bei 2% × 2^{-2} (also 0.0195 Mol oder 0.5%). Wirkungsminimum fällt gerade auf die Konzentration 2% × 2^{-6} (also 0.0012 Mol oder 0.031%), wo auch die schwärzende Eigenschaft erst aufhört.

2. Schwerdiffundierbarkeit der Osmiumsäure spiegelt sich deutlich in den Fixierungsbildern ab (z. B. sowohl bei höheren (2%) wie bei niedrigen (2^{-6}) Konzentrationen).[2]

3. Aus einem besonderen daraufhingehenden Versuche ergibt sich, dass die bei Osmium-Material stets wiederkehrende Schrumpfung des Plasmas erst durch Nachbehandlung (besonders Entwässerungsalkohol) verursacht oder mindestens unterstrichen wird. In der Tat wirkt die Osmiumsäure quellend.[3]

4. Abnorme Mitosen lassen sich durch die Wirkung der Osmiumsäure nie erzeugen.

WIRKUNGEN VON WASSERSTOFFSUPEROXYD.

Als Stammlösung kommt das „Oxyfull" aus der Firma SANKYÔ zum Gebrauch, das einer etwa 3% (ungefähr 1 Mol) wässerigen Lösung von Wasserstoffsuperoxyd entspricht.

M × 2^{-1}, × 2^{-2}: In der Peripherzone der Wurzel die Zellen zerstört, sonst gut nachfixiert. Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, gerinnselig und etwas filzig, vakuolenhaltig. Membranstruktur angedeutet. Karyotin körnig (Fig. 32). Chromosomen ganz normal. Nukleolus grau oder braun gefärbt, mit Hof umgeben. Spindel deutlich oder schwach filzig. Zellplatten degeneriert oder nicht gebildet (Fig. 30, 31). Mitosenanomalien: Anaphasen- und Telophasenbrücken (Fig. 31), Tochterkerne nicht auseinandergewichen. Zweikernige Zellen häufig (Fig. 33).

M × 2^{-3}: Einige Peripherlagen der Zellen zerstört, sonst fixiert etwa wie oben. Zytoplasma schwach filzig mit Bläschen. Karyotin netzig. Nukleolus et. blass

---

1) Vgl. BERG ('04 S. 351), MANN ('02 S. 5, 68, 81, 82), DE VRIES ('85 S. 501), TELLYESNICZKY ('98 S. 204, 205, 228. '10 S. 461), WASIELEWSKI ('99), RIVETT ('18), LUNDEGÅRDH ('21 S. 247) usw.

2) Vgl. SEELIGER ('20 S. 178, 183), GUILLIERMOND ('24 S. 24–25), TELLYESNICZKY ('10).

3) Siehe auch HEIDENHAIN ('09 S. 116), HERTWIG ('12 S. 33).

gefärbt. Spindelfäden kaum oder schwach angedeutet, Zellplatten ganz normal. Häufig amöboide Kerne, unregelmässige Tochterkerne (Fig. 34–36). Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-4}$, $M \times 2^{-5}$: Fast normal fixiert. Nukleolus etwas blasser.

Zusammenfassung.

1. Abgesehen von den Teilungsanomalien, Amöboidie der Kerne, geringer Färbbarkeit der Nukleolen, wirkt Wasserstoffsuperoxyd auf Nachfixierung etwas günstig, was zur angeblichen Permeabilitätserhöhenden Wirkung in Parallele gestellt werden kann (siehe Szücs '13b S. 317).

2. Anomale Karyokinese macht sich nur bei den höheren Konzentrationen ($M \times 2^{-2}$–$M \times 2^{-3}$) bemerkbar. Zellplattenbildung wird auch bei $M \times 2^{-2}$ angegriffen.

Klemm ('95 S. 699) beobachtete, dass Protoplasmaströmung durch die Wirkung von H_2O_2 beschleunigt wird und weiter, dass das Zytoplasma fädig wird. Beide Vorgänge konnte ich mit fixiertem Material nicht konstatieren, weil sie wahrscheinlich nur vorübergehend vor sich gehen.

Wirkungen von Kalilauge.

M (5.6%)–$M \times 2^{-5}$: Zytoplasma geschrumpft, grob vakuolig, homogen-gerinnselig. Karyotin unter Quellung gelöst. Kern sehr gequollen. Nukleolus geschrumpft geblieben (Fig. 37). Chromosomen quellend gelöst. Spindelfäden vernichtet (Fig. 38). Kern wie eine grosse Vakuole (M–$M \times 2^{-3}$). Stärkekörner quellend konserviert ($M \times 2^{-3}$–$M \times 2^{-5}$).

$M \times 2^{-5.75}$: Grenzkonzentration der lösenden Wirkung. Im Inneren der Wurzel Zytoplasma feinkörnig. Karyotin teilweise gelöst, fein gerinnselig. Spirem teilweise gelöst. Chromosomen etwas gequollen. Nukleolus unverändert. Spindelfäden schwach angedeutet.

$M \times 2^{-6}$, 2^{-7}: Sehr gut nachfixiert. Zytoplasma gerinnselig, nicht geschrumpft. Chromatin grob-netzig oder vakuolig (in der Peripherie etwas gelöst), Chromosomen normal. Nukleolus meist hoffrei. Spindelfäden gut konserviert. Sonst normal.

$M \times 2^{-8}$–2^{-10}: Karyotin grob-netzig, sonst fast normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den tötlichen Konzentrationen (M–$M \times 2^{-5}$) wirkt Kalilauge Karyotin quellend oder lösend, Nukleolus und Zytoplasma

schrumpfend, vakuolisierend (siehe DEGEN '05, KÜHNE '64 S. 49, 64, KLEMM '95). Die Grenze dieser Wirkungen liegt bei der Konzentration $M \times 2^{-5.75}$.

2. Submaximale aber zweifelsohne wirksame Konzentrationen ($M \times 2^{-6}$–$M \times 2^{-10}$) scheinen auf die Zellen nicht ungünstig einzuwirken. Dabei wird Karyotin etwas vergröbert, Zytoplasma etwas gequollen. (Oberflächenwirkung? siehe WARBURG ('14 S. 275)).

3. Dass keine abnorme strukturelle Veränderung bei den submaximalen Konzentrationen ausfindig gemacht wird (vgl. KORNFELD '25 S. 487), spricht für die Theorie der Impermeabilität der OH-Ionen (siehe OSTERHOUT '14, WARBURG '10, '14 S. 275, COWDRY '24 S. 129, TSCHERMAK '24 S. 568 ff.).

4. Unsere cytologischen Ergebnisse dürfen, wenn auch nicht so überzeugend, die Ansichten verfechten, dass Alkalien auf die Zellen vielmehr günstig einwirken können (RICHARDS '22, RITTER '11 S. 14, LEPESCHKIN '23) und weiter, dass OH-Ionen die Permeabilität des Protoplasmas steigern sollen (CZAPEK '13 S. 177, OSTERHOUT '14, '22, KAHHO '21 b, &c.) (vgl. weiter unten). Denn es gibt hier keine Konzentration, die strukturzerstörende Wirkung entfalten kann.

WIRKUNGEN VON JAVELLESCHER LAUGE (Eau de Javelle).

Die Stammlösung wird der gewöhnlichen Vorschrift gemäss (siehe STRASBURGER-KÖRNICKE '21 S. 176) hergestellt.

Stammlösung und $\times 2^{-1}$: Ausser Zellmembran und Stärkekörnern alle Zelleinschlüsse gelöst.

$\times 2^{-2}$: In der Peripherie der Wurzel wie oben. Sonst geringste Reste der Zytoplasma (Lipoidanteil?). Im Inneren der Wurzel ganz so wie bei den lösenden Konzentrationen der Kalilauge. Plasma gerinnselig, vakuolig. Kern unter Quellung restlos gelöst. Nukleolus geschrumpft.

$\times 2^{-3}$: In der Peripherie der Wurzel: etwa wie oben, auch teilweise zerstört. Kern quellend, teilweise gelöst mit flockigen Resten oder vakuolig. Nukleolus geschrumpft. Im Inneren der Wurzel: ungelöst fixiert. Zytoplasma von Membran unabgelöst, gerinnselig. Karyotin flockig, schwach netzig. Nukleolus etwas verunstaltet, ohne Hof. Spindelfäden schwach angedeutet, Zellplatten normal. Chromosomen geschrumpft, verunstaltet, klumpig, fragmentiert, miteinander gebrückt oder verschmolzen. Mitosenanomalien: Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Ausserdem normale Figuren nicht selten.

$\times 2^{-4}$: Keine lösende Wirkung bemerkbar. Eine oder zwei peripher liegende

Zellschichten zerstört oder teilweise gelöst. Sonst normal fixiert. Karyotin und Zytoplasma normal. Kerne und Nukleolen zuweilen unregelmässiger Form. Spindelfäden und Zellplatten normal gebildet. Letztere vereinzelt seitlich angelegt. Chromosomen noch häufig verunstaltet, fragmentiert, abnorm angeordnet, miteinander verklebt. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Normale Mitosenfiguren häufig.

$\times 2^{-5}$: Nur eine oder zwei Peripherzelllagen zerstört, sonst normal nachfixiert. Spindelfäden vereinzelt abnorm gebogen und Zellplatten zentripetal oder seitlich angelegt. Chromosomen mitunter wie oben. Mitosen meistens normal.

$\times 2^{-6}$: Ausser vereinzelt anzutreffenden verunstalteten Chromosomen und seitlich angelegten Zellplatten, ganz normal fixiert.

$\times 2^{-7}$–2^{-13}: Fast normal. Vereinzelt etwas verunstaltete Chromosomen, stachelige Spireme &c.

Zusammenfassung.

1. Plasmalösende Wirkung der Javelleschen Lauge kommt nur bei den Konzentrationen ($\times 2^{0}$–2^{-3}) zur Geltung; dabei bleiben die vermutlichen Lipoidanteile des Protoplasmas neben der Zellmembran und den Stärkekörnern verschont (vgl. Noll '85, Biedermann '18, '19 &c.).

2. Im Gegensatz zur Kalilauge wirkt sie bei den submaximalen Konzentrationen auf die Zellteilung sehr ungünstig. Karyokinese wird nicht selten sehr abnorm gefunden, während Spindelfäden und Zellplattenbildung nicht so tief beeinflusst werden (2^{-3}–2^{-6}).

3. Abgesehen von den sich teilenden Zellen lässt sich der angeblich günstige Einfluss der OH-Ionen (siehe oben, auch unten) gewissermassen bemerken (bei niedrigeren Konzentrationen 2^{-4}–2^{-13}).

Wirkungen des Ammoniaks.

Stammlösung 30% käufliche wässerige Lösung (etwa 18 Mol).

30%: Meiste Zellen zerstört. Plasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin teilweise gelöst (?) oder aus dem Kern herausdiffundiert. Nukleolus geschrumpft, nicht aufgelöst. Spindelfiguren homogen. Zellplatten doppelkontouriert.

$\times 2^{-1}$–2^{-5}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig mit Vakuolen, Kern quellend, Karyotin teilweise gelöst (?) oder herausdiffundiert, flockige Reste in Kernen sichtbar. Chromosomen gelöst (?), Nukleolus, Spindelfäden, Zellplatten wie oben fixiert.

$\times 2^{-6}$: Nur im Inneren der Wurzel Zellen getötet, zerstört, sonst fixiert (minimale Fixierungskonzentration). Zytoplasma fast ungeschrumpft, homogen-gerinnselig mit grossen zentralen Vakuolen. Kern sehr gequollen. Kernmembran undeutlich. Karyotin verquellend. Nukleolus gelöst (?).

2^{-7}: Meiste Zellen zerstört, sonst wie unten nachfixiert. Zytoplasma homogen mit Vakuolen. Kern geschrumpft, mit hellem Hof umgeben („Pseudokaryolyse"). Karyotin homogen (in der peripheren Zone) oder gerinnselig-vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen miteinander zusammengedrückt. Nukleolen blass oder gelöst (?), häufig mit Hof (in der Peripherie der Wurzel).

$\times 2^{-8}$: Vereinzelt Zellen zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig mit Vakuolen, Kern geschrumpft, mitunter „Pseudokaryolyse" oder Synapsis-ähnliche Figuren. Karyotin homogen-vakuolig. Chromosomen und Spirem vakuolig-klumpig. Nukleolus etwas blasser, häufig mit Hof umgeben, aus den Kernen herausperlend oder herausgedrückt (Fig. 39). Spindelfäden degeneriert aber Zellplatten gebildet(Fig. 40). Mitosen sehr selten.

$\times 2^{-9}$, $\times 2^{-10}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma wie oben nachfixiert. Karyotin flockig-netzig oder körnig-gerinnselig oder vakuolig-netzig, ausgehöhlt. „tassement équatorial" mit hellem Hof. Chromosomen geschrumpft, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt. Spindelfäden degeneriert, häufig netzig-gerinnselig. Scheidewandbildung meist normal. (Fig. 40). Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen.

$\times 2^{-11}$: Vereinzelt Zellen zerstört, sonst wie oben fixiert. Chromosomen, Karyotin, Zytoplasma wie oben. Spindelfäden homogenisiert oder sehr schwach angedeutet, Zellplatten normal. Anaphasenbrücken häufig.

$\times 2^{-12}$: Alle Zellen ohne Zerstörung nachfixiert. Zytoplasma nicht geschrumpft, gerinnselig-schwach filzig. Karyotin flockig oder grob-netzig. Chromosomen häufig etwas schlanker oder sonst verunstaltet. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden schwach oder ziemlich angedeutet. Neben zahlreichen normalen Figuren, Anaphasenbrücken hie und da anzutreffen.

$\times 2^{-13}$–2^{-18}: Fast normal (äusserst selten Anaphasenbrücken).

Zusammenfassung.

1. Die Wirkungen des Ammoniaks erweisen sich sehr sonderlich; sie haben mit denen der KOH und NH_4-Salze nichts gemeinsam. Man darf hier mit Recht eine molekulare Wirkung annehmen.

2. Aus oben niedergelegten Versuchsergebnissen ergibt sich, wenn auch nur auf einem indirekten Wege, die Leichtpermeabilität des Protoplasmas für Ammoniak (im Gegensatze zu starken Alkalien) (siehe de Vries '71, Pfeffer '21 S. 140, Boresch '14 S. 127, Brenner '17–'18, Herlant '20, Handovsky '23, S. 57, Mc Cutcheon u. Lucke '24 &c.).

3. Merkwürdig ist, dass dem Ammoniak die allerdings sehr mangelhaft fixierenden Konzentrationen (30% $\times 2^{-1}$–2^{-6}) zukommen können. Den letzteren folgen eine Reihe von Konzentrationen, welche vielmehr strukturzerstörend wirken.

4. Karyokinese mitsamt der Spindelbildung wird bemerkenswert

gestört oder gehemmt, während Zytokinese irgendwelche nennenswerte Beeinflussung nicht erfährt (bei 30% × 2^{-8}–2^{-11}).

5. Bei den verdünnten Konzentrationen treten allerhand schädigende Wirkungen sehr zurück und dafür beginnen die OH-Ionen ihre angeblich günstigen Wirkungen auszuüben (maximal bei der Konzentration 30% × 2^{-12}).

6. Ammoniak wirkt auf Zytoplasma homogenisierend, vakuolisierend (vgl. Demoor '95, S. 193, Klemm '95, Degen '05, Cowdry '24 S. 412), auf Karyotin und auch Nukleolen exosmierend, auflösend ein.

7. Von der teilungsfördernden Wirkung des Ammoniaks (Richards '22, Mainx '23, '24 S. 567) konnten unsere Versuche keine weitere Bestätigung ergeben.

Wirkungen von Goldchlorid ($AuCl_3$).

Stammlösung: 1% wässerige Lösung (ca. 0.033 Mol).

1%: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma etwas geschrumpft, filzig-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin netzig-körnig. Nukleolus grau gefärbt. Spindelfäden schwach oder ziemlich angedeutet. Zellplattenbildung normal. Anaphasenbrücken bemerkbar. Färbbarkeit etwas vermindert.

× 2^{-1}; Teilweise die Zellen zerstört, geschrumpft, nur Peripherie der Wurzel fixiert, etwas schlechter als oben.

× 2^{-2}: Peripherie der Wurzel teilweise fixiert wie oben, sonst zerstört, homogenisiert oder vakuolisiert, ausserdem Anaphasenbrücken.

× 2^{-3}: Im Äusseren der Wurzel Zellen getötet, zerstört, homogenisiert, nur im Innern fixiert. Plasma unabgelöst von Membran, gerinnselig oder netzig-filzig, mit Bläschen. Karyotin fein netzig-körnig. Chromosomen häufig ungeordnet oder zerstreut. Nukleolus mit Hof, etwas verunstaltet, Spindelfäden unsichtbar, Zellplatten ganz normal. Anaphase häufig mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen.

× 2^{-4}: In der Peripherie der Wurzel Zellen teilweise zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin gerinnselig-netzig. Chromosomen häufig zerstreut oder fragmentiert. Nukleolus meist hoffrei. Spindelfäden schwach oder normal entwickelt. Zytokinese normal.

× 2^{-5}: In der Peripherie der Wurzel Zellen teilweise zerstört, sonst wie oben nachfixiert. Chromosomen zerstreut oder fragmentiert (Fig. 41). Spindelfäden schwach angedeutet, Zellplattenbildung normal. Anomale Mitosen häufig:— Anaphasen- und Telophasenbrücken, Telophase und Anaphase mit unregelmässigen oder nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Metaphase mit anastomosierten oder zusammengeballten Chromosomen.

× 2^{-6}: Vereinzelt Zellen zerstört, sonst nachfixiert etwa wie oben. Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, filzig (gerinnselig) mit Bläschen. Spindelfäden

deutlich. Anaphasen- und Telophasenbrücken, Metaphase mit zerstreuten Chromosomen.

× 2^{-7}–2^{-9}: Alle Zellen fixiert. Telophasenbrücken häufig. Sonst normal.

× 2^{-10}: Fast normal.

Zusammenfassung.

1. Goldchlorid stellt ein mangelhaftes Fixiermittel dar (1%). (vgl. Flemming '82). Häufiger wirkt es auf Zellstrukturen zerstörend ein (× 2^{-1}–2^{-5}).

2. Anomale Karyokinese tritt bei den Konzentrationen (1%–2^{-7}, sehr zahlreich bei 2^{-5}–2^{-7}) auf. Dabei wird auch die Spindelfigur angegriffen, während Zytokinese normal verlaufen kann.

3. Bei den fixierenden Konzentrationen wirkt Goldchlorid stets färbbarkeitsvermindernd.

Wirkungen von Silbernitrat.

Stammlösung: ½M wässerige Lösung von Ag NO_3 (16.99% × ½).

M × 2^{-1}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig. Karyotin gelöst (Fig. 42, 43). Chromosomen schlanker, teilweise gelöst (Fig. 44). Nukleolus ungelöst, aber geschrumpft, vakuolig, mit breitem Hof versehen. Zellplatte normal aber verdoppelter Kontour (Fig. 43). Spindelfäden unsichtbar. Kerntasche und Spindelraum mit Membran umschrieben. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen.

M × 2^{-2}, 2^{-3}: Alle Zellen fixiert. Karyotin und Chromosomen teilweise gelöst, sonst wie oben.

M × 2^{-4}: Karyotinlösende Wirkung und Nukleolushof unbedeutend, sonst wie oben.

M × 2^{-5}: Minimale Fixierungskonzentration.

M × 2^{-6}, 2^{-7}: Teilweise Zellen homogenisiert, zerstört.

M × 2^{-8}: Im Zentrum der Wurzel Zellen gut nachfixiert. Zytoplasma filzig, mit Bläschen und grossen Vakuolen. Karyotin feinkörnig oder netzig, Spindelfäden unsichtbar. Sonst normal.

M × 2^{-9}, 2^{-10}: Im Äusseren der Wurzel Zellen zerstört, innen gut fixiert. Zytoplasma schwach filzig mit Bläschen. Spindelfäden nur schwach angedeutet.

M × 2^{-11}: In der Peripherie Zellen homogenisiert, zerstört. Sonst wie oben.

M × 2^{-12}, 2^{-13}: Periphere einige Zellen zerstört. Sonst gut normal fixiert.

Zusammenfassung.

1. Silbernitrat wirkt bei den fixierenden Konzentrationen (M × ½–M × 2^{-5}) Zytoplasma homogenisierend, Vakuolen konservierend (siehe de Vries '85 S. 514) und Karyotin auflösend.

2. Karyokinese und Zytokinese erleiden keine Beeinflussung, nur Spindelfäden stets Homogenisierung ($M \times \frac{1}{2}$–$M \times 2^{-8}$).

3. Silbernitrat lässt sich als Fixierungsmittel, besonders für Kernfixierung nicht anwenden (vgl. WASIELEWSKI '99).

WIRKUNGEN VON KUPFERSULFAT.

Stammlösung: 1 Mol (15,9%) wässerige Lösung von $Cu SO_4$.

M: Peripher liegende Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma geschrumpft, dicht-homogen-gerinnselig; vakuolig. Karyotin etwas gelöst. Nukleolus ungelöst. Spindelfäden schwach angedeutet. Keine Mitosenanomalien. (Fig. 45).

$M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört. Sonst wie oben. Karyotin etwas gelöst, körnig fixiert.

$M \times 2^{-2}$: Optimale Fixierungskonzentration. Vereinzelt Zellen zerstört. Sonst wie oben (Fig. 46).

$M \times 2^{-3}$, $M \times 2^{-4}$: Peripherie der Wurzel wie oben fixiert, sonst teilweise zerstört.

$M \times 2^{-5}$, $\times 2^{-6}$: Fast alle Zellen zerstört.

$M \times 2^{-7}$: Meiste Zellen zerstört oder homogenisiert. Im Inneren der Wurzel etwas nachfixiert. Plasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin körnig-flockig. Chromosomen normal. Spindelfäden noch schwach. Anaphasenbrücken bemerkbar.

$M \times 2^{-8}$, 2^{-9}: Periphere Zellen zerstört und geschrumpft. Innere Zellen teilweise nachfixiert. Karyotin flockig oder flockig-netzig. Chromosomen innen flockig fixiert, klumpig, verkürzt und verdickt, häufig ungeordnet. Spindelfäden degeneriert oder schwach angedeutet. Zellplattenbildung normal. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Zytoplasma von Zellwand abgelöst, flockig mit deutlichen Bläschen.

$M \times 2^{-10}$–2^{-13}: Aussen liegende Zellen zerstört, sonst nachfixiert. „Karyolyse" häufig. Spindelfäden deutlich, häufig abnorm gebogen. Zellplatten meist normal ausgebildet, vereinzelt degeneriert (also zweikernige Zellen) oder zentripetal angelegt. Sonst wie normal.

$M \times 2^{-14}$–2^{-16}: Alle Zellen fixiert, fast normal. Vereinzelt „Karyolyse", verunstaltete Chromosomen &c.

$M \times 2^{-17}$–2^{-21}: Normal fixiert.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Bei den Konzentrationen ($M - M \times 2^{-4}$) werden die Zellstrukturen meistens fixiert, wobei Zytoplasma häufig geschrumpft und vakuolisiert, Karyotin teilweise aufgelöst, vakuolisiert oder körnig wird (vgl. STOCKBERGER '10).

2. Spindelfäden sind stets nur schwach angedeutet, Zellplattenbildung aber kaum angegriffen, wenn die Konzentration des Kupfersul-

fats eine tötliche ist ($M-2^{-9}$), während bei den submaximalen Konzentrationen ($M \times 2^{-10}-2^{-13}$) die Verhältnisse merkwürdigerweise umgekehrt liegen, d. h. Spindelfäden sehr ausgeprägt, dennoch Zytokinese zuweilen anormal oder sogar ausgeblieben (vgl. Stockberger '10).

3. Anomale Karyokinese wird nicht so häufig gefunden ($M \times 2^{-8}-2^{-13}$).

4. Als Fixierungsmittel kann man aus Kupfersulfat kaum Nutzen ziehen (vgl. Wasielewski '99).

Wirkungen von Quecksilberchlorid (Sublimat).

Stammlösung: $^1/_{10}$ Mol wässerige Lösung (etwa 2.7%).

$^M/_{10}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig. Karyotin fein netzig. Chromosomen etwas geschrumpft. Nukleolus braun, mit Hof versehen. Spindelfäden schwach angedeutet (Fig. 47). Zellplatten häufig doppelkontouriert (Fig. 47). Sonst normal.

$^M/_{10} \times 2^{-1}$, $^M/_{10} \times 2^{-2}$: Zellen teilweise geschrumpft oder zerstört, meist von Zytoplasma abgelöst, sonst wie oben. Minimale fixierende Konzentration (?).

$^M/_{10} \times 2^{-3}$: Vereinzelt Zellen zerstört. Zytoplasma geschrumpft, Chromosomen fast normal fixiert, sonst wie oben.

$^M/_{10} \times 2^{-4}$: Teilweise Zellen zerstört. Zytoplasma mit Vakuolen (Fig. 48), sonst wie oben. (Fig. 49).

$^M/_{10} \times 2^{-5}$: Teilweise Zellen zerstört oder homogenisiert. Zytoplasma gerinnselig, von Zellmembran abgelöst. Karyotin, Chromosomen, Nukleolus fast normal. Spindelfäden noch undeutlich. Zellplatten doppelkontouriert. (Fig. 50).

$^M/_{10} \times 2^{-6}$, 2^{-7}: Periphere Zellen geschrumpft oder zerstört, homogenisiert. Zytoplasma gerinnselig. Sonst wie oben. Spindelraum, Kerntasche stark nach aussen begrenzt (Fig. 51).

$^M/_{10} \times 2^{-7}$: Fast normal.

$^M/_{10} \times 2^{-8}-2^{-12}$: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den Fixierungskonzentrationen ($^M/_{10}-2^{-2}$) führt Sublimat zur Schrumpfung der Chromosomen und Zytoplasma und Homogenisierung der Spindelfäden (auch des Zytoplasmas). Die letztere Beeinflussung erweitert sich auch bis auf die Konzentration $^M/_{10} \times 2^{-7}$, die annähernd der minimalen wirksamen Konzentration entspricht.

2. Nukleolushof und doppelkontourierte Zellplatten sind hier allgemeine Geschehnisse.

3. Anomale Karyokinese und Zytokinese sind niemals anzutreffen (vgl. Kornfeld '25 S. 488).

4. Ungeachtet seiner starken Fällungskraft und leichten Eindringbarkeit ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass Sublimat zu verschiedenen Fixierungsartefakten Anlass geben kann (vgl. TELLYESNICZKY '98 S. 224 ff., WASIELEWSKI '99, MANN '02 S. 4 ff.).

WIRKUNGEN VON ZINKCHLORID.

Stammlösung: 2 Mol (ca. 2 × 13.6%) wässrige Lösung von Zn Cl_2.

2M u. M: Alle Zellen geschrumpft, zerstört.

M × 2^{-1}: Innere Zellen zerstört, periphere etwas geschrumpft. Plasma gerinnselig, Kern geschrumpft, Karyotin homogenisiert, teilweise gelöst. Chromosomen und Nukleolus ungelöst, etwas verunstaltet. Spindelfäden schwach angedeutet.

M × 2^{-2}: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma und Kern geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig. Karyotin homogenisiert, etwas gelöst (?). Chromosomen mit deutlicher Aussenhülle, Spindel schwach fädig. Anaphasenbrücken.

M × 2^{-3}–2^{-4}: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma geschrumpft, filzig-vakuolig (periphere Zellen) oder filzig (innere Zellen). Karyotin fein netzig mit Karyosomen. Chromosomen verunstaltet, miteinander verschmolzen, gebrückt oder zusammengedrückt. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden ziemlich deutlich. Zellplatten normal. Anaphasenbrücken und Telophasenbrücken häufig. Metaphase und Anaphase immer anomal.

M × 2^{-5}, 2^{-6}: Innere Zellen etwas sterbend. Sonst wie oben. Zytoplasma von Membran abgelöst. Chromosomen mit deutlicher Aussenhülle, Nukleolus hoffrei. Spindelfäden ausgeprägt, häufig gebogen, *chromatisch*. Zellplatte meist normal. Chromosomen wie oben. Metaphase immer anomal. Kernknospung. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Zellplatten zuweilen ungebildet (aber Spindelfäden sehr deutlich).

M × 2^{-7}: Zytoplasma von Membran abgelöst, gerinnselig, vakuolig oder filzig (innen). Karyotin flockig-netzig. ,, Karyolyse ''. Chromosomen gerinnselig, mit Aussenhülle, verunstaltet, fragmentiert, klumpig. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden ausgeprägt. Vereinzelt Zellplatten ungebildet. Metaphase und Anaphase mit zerstreuten Chromosomen. Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Anaphasenbrücken. Telophase meist normal.

M × 2^{-8}: Fast wie oben. Zellplatten meist normal gebildet. Telophasenbrücken. Metaphase und Anaphase mit zerstreuten Chromosomen. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

M × 2^{-9}, 2^{-10}: Normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Zinkchlorid wirkt auf Zytoplasma sehr schrumpfend.

2. Hier kommt keine Fixierungskonzentration vor, d. h. die tötliche Konzentration (2M–M × 2^{-2}) zerstört immer die Zellstruktur.

3. Spindelfäden werden bei niederen Konzentrationen ($M \times 2^{-4}$–2^{-9}) anormal ausgeprägt. Trotzdem bleibt Zellplattenbildung nicht selten aus.

4. Mitosenanomalien finden sehr häufig statt ($M \times 2^{-2}$–$M \times 2^{-9}$).

5. Nukleolus pflegt hier ohne Hof zu sein.

6. Als Fixierungsmittel ist Zinkchlorid kaum brauchbar.

Wirkungen von Zinksulfat.

Stammlösung: 2 Mol (2 × 28.75%) wässrige Lösung von $Zn\,SO_4.7Aq$.

2M: Zellen vereinzelt zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma abgerundet oder geschrumpft, homogen-vakuolig-gerinnselig (peripher) oder gerinnselig-filzig (innen) mit Vakuolen. Karyotin homogen, vakuolig-netzig oder vakuolig; ausgehöhlt. Kern geschrumpft. Chromosomen geschrumpft, miteinander zusammengedrückt. Nukleolus geschrumpft. Spindel homogen.

M: Zellen teilweise zerstört, sonst nachfixiert, Zytoplasma geschrumpft, homogen-vakuolig (peripher) oder homogen-gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin häufig netzig-vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen flockig oder vakuolig, verunstaltet, miteinander zusammengedrückt. Spindelfäden homogen.

$M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma von Membran abgehoben, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Kern häufig unregelmässig. Karyotin zuweilen herausdiffundiert, körnig-netzig. Chromosomen flockig, klumpig, verdickt und verkürzt, zusammengedrückt. Nukleolus meist hoffrei. Spindel ziemlich deutlich. Anaphase und Telophase sehr selten. ,,Karyolyse“.

$M \times 2^{-2}, 2^{-3}$: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma meist von Zellwand abgelöst, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Kern häufig unregelmässig, Karyotin zuweilen herausdiffundiert. ,,Karyolyse“. Chromosomen und Nukleolus auch wie oben. Spindelfäden sehr ausgeprägt, chromatisch, zuweilen abnorm gebogen oder geradlinig. Zellplatten meist normal, vereinzelt ungebildet. Anaphase mit gedrückten Chromosomen. Anaphasen- und Telophasenbrücken, Kernknospung häufig.

$M \times 2^{-4}. 2^{-5}$: Fast wie oben. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Vakuolen.

$M \times 2^{-6}, 2^{-7}$: Chromosomen häufig miteinander gebrückt, stachelig, anastomosiert (Meta- und Anaphase). Sonst wie oben.

$M \times 2^{-8}, 2^{-9}$: Fast normal. ,,Karyolyse“. Zytoplasma noch etwas geschrumpft.

$M \times 2^{-10}$–2^{-12}: normal.

Zusammenfassung.

1. Wie Zinkchlorid wirkt Zinksulfat auf Zytoplasma schrumpfend.

2. Auch hier kommt keine Fixierungskonzentration vor.

3. Tötliche (zugleich strukturzerstörende) Konzentrationen erstrecken sich hier bis auf $M \times 2^{-1}$.

4. Karyotin wird häufig bei höheren Konzentrationen ($2M-2^{-3}$) ausgehöhlt oder herausdiffundiert.

5. Nukleolus bleibt auch hier wieder häufig hoffrei ($M \times 2^{-1}-2^{-4}$).

6. Sehr ausgesprochene chromatische Spindelfäden treten bei $M \times 2^{-2}-2^{-4}$ hervor.

Wirkungen von Kadmiumchlorid.

Stammlösung: 2 Mol (ca. 2 × 22.8%) wässrige Lösung von $Cd\,Cl_2$. 2½ aq.

$2\,M, M, M \times 2^{-1}$: Zellen geschrumpft oder abgerundet. Zytoplasma homogen-gerinnselig. Kern auch geschrumpft. Karyotin und Chromosomen gelöst (?) oder herausdiffundiert, Nukleolus ungelöst bleibend.

$M \times 2^{-2}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, gerinnselig-vakuolig. Kern häufig unregelmässig. Karyotin homogen oder flockig. Chromosomen mit Aussenhülle. etwas verunstaltet, miteinander zusammengedrückt. Nukleolus meist mit Hof. Spindelfäden schwach angedeutet.

$M \times 2^{-3}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, gerinnselig-vakuolig (Fig. 52). Karyotin netzig-vakuolig. ,, Karyolyse " (Fig. 52). Chromosomen wie oben. Nukleolus meist mit Hof. Spindelfäden ziemlich (Anaphase) oder schwach (Metaphase) angedeutet. Zellplatte häufig doppelkontouriert, normal.

$M \times 2^{-4}, 2^{-5}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma meist abgelöst, homogen-vakuolig (peripher) oder gerinnselig-vakuolig (innen). Karyotin gerinnselig-flockig, vereinzelt ,, karyolysiert ". Chromosomen wie oben, zuweilen miteinander verschmolzen. Spindelfäden schwach angedeutet, Zellplatten häufig doppelkontouriert, ganz normal. Telophasenbrücken häufig. Anaphase selten. (Fig. 53).

$M \times 2^{-6}-2^{-10}$: Zellen vereinzelt zerstört. ,, Karyolyse ". Chromosomen, Spindelfäden, Zellplatten wie oben. Telophasenbrücken. Anaphasenbrücken. Anaphase selten. Sonst fast normal fixiert.

$M \times 2^{-11}$: Alle Zellen fixiert wie normal, ausser Chromosomen (welche wie oben verunstaltet, zerstreut, verschmolzen etc.). Spindelfäden kaum sichtbar oder etwas angedeutet, Zellplatten normal. Telophasenbrücken.

$M \times 2^{-12}$: Fast normal. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-13}, 2^{-14}$: Normal.

Zusammenfassung.

1. Auch Kadmiumchlorid wirkt Zytoplasma schrumpfend (bis auf die Konzentration $M \times 2^{-5}$).

2. Abweichend von Zinksalzen kommen hier die Fixierungskonzentrationen ($2M-M \times 2^{-1}$) zur Geltung[1], bei welchen $Cd\,Cl_2$ auf Karyotin und Chromosomen etwas auflösend einwirken kann.

---

1) Dies scheint wesentlich auf den hydrolytisch spaltenden H-Ionen zu beruhen, wie man weiter unten sehen wird.

3. Spindelfäden werden meistens nur schwach angedeutet, was auf die normale Zellplattenbildung keinen Einfluss zn haben scheint.

4. Wie bei anderen Schwermetallsalzen treten Mitosenanomalien im weiten Konzentrationsumfange ($M \times 2^{-2}$–2^{-11}) hervor.

Wirkungen von Zinnchlorür.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $SnCl_2{:}2H_2O$ (ca. 22.5%).

M: Periphere einige Zellschichten zerstört, sonst meist fixiert. Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig-homogen. Karyotin netzig. Kern häufig geschrumpft. Chromosomen auch geschrumpft. Nukleolus blass mit zentraler Vakuole und Hof. Spindelfäden ziemlich deutlich. Sonst normal.

$M \times 2^{-1}$: Periphere Zellen etwas geschrumpft. Sonst gut fixiert. Zytoplasma kaum von Zellwand abgelöst, körnig-gerinnselig. Kern mitunter etwas geschrumpft. Karyotin netzig, ausgehöhlt. Chromosomen geschrumpft, gerinnselig. Nukleolus sehr blass (teilweise gelöst ?) mit Hof und Vakuolen. Spindel ziemlich deutlich fädig. Sonst normal.

$M \times 2^{-2}$, 2^{-3}: Fixierung meist gut. Zytoplasma körnig-gerinnselig, nicht von Membran abgelöst. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen nicht geschrumpft, mit Aussenhülle, mitunter verschmolzen oder zusammengedrückt. Nukleolus blass mit Vakuolen. Spindel deutlich fädig. Zellplatten normal. Metaphase mit zusammengeballten Chromosomen, sonst Mitosen normal. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Fixierungsoptimum.

$M \times 2^{-4}$: Fixierung gut, nur innere Zellen sterbend. Sonst Fixierungsbilder wie oben. Mitosenanomalien häufiger, besonders Anaphase mit zusammengedrückten oder verklebten Chromosomen, mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Anaphasenbrücken. Metaphase mit zusammengedrückten Chromosomen („tassement équatorial"). Vereinzelt Metaphase mit Nukleolus (auch bei $M \times 2^{-1}$, 2^{-2}, 2^{-3}).

$M \times 2^{-5}$: Zellen vereinzelt sterbend. Sonst wie oben fixiert. Anaphasenbrücken. Metaphase mit zerstreuten oder verklebten Chromosomen (Fig. 54).

$M \times 2^{-6}$, 2^{-7}, 2^{-8}: Meiste Zellen gut nachfixiert, vereinzelt zerstört. Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, gerinnselig-filzig, vereinzelt vakuolig. Chromosomen gerinnselig oder vakuolig, etwas verunstaltet, miteinander anastomosiert, fragmentiert, eckig oder stachelig. Anaphasen- und Telophasenbrücken häufig. Telophase und Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Ausserdem bei $M \times 2^{-6}$: Metaphase mit sehr zerstreuten oder verirrten oder miteinander gebrückten Chromosomen. Metaphase und Prophase mit Anastomosen. Prophase mit kleinen nukleolusähnlichen Körpern. Zellplatten und Spindelfäden normal. (Fig. 55, 56, 57).

$M \times 2^{-9}$, 2^{-10}: Periphere Zellen vereinzelt zerstört, sonst gut nachfixiert. Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, gerinnselig-filzig. Chromosomen und Spireme verunstaltet. Chromosomen häufig zerstreut, zusammengedrückt,

fragmentiert, miteinander verschmolzen oder anastomosiert. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Sonst normal fixiert.

M × 2^{-11}: Vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken. Abnorme Metaphase sehr selten. Sonst normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den Fixierungskonzentrationen (M–M × 2^{-4}) wird Zytoplasma meistens nicht geschrumpft (besonders bei M × 2^{-2}–2^{-4}), Färbbarkeit aller Zellbestandteile sehr vermindert (besonders bei Nukleolen), während sich Spindelfäden und Zellplatten ganz normal zeigen.

2. Mitosenanomalien sind bei den Konzentrationen (M × 2^{-2}–2^{-11}) beobachtet; Zytokinese wird jedoch völlig normal gefunden.

3. Zellstrukturzerstörende Wirkung gibt hier sich nicht so häufig zu erkennen wie bei Zn- und Cd-Salzen.

4. Der Wirkung nach nimmt Sn Cl_2 unter den Schwermetallsalzen eine besondere Stellung ein.

Wirkungen von Bleinitrat.

Stammlösung: M × 2^{-2} Lösung von Pb $(NO_3)_2$ (ca. ¼ × 33.1%).

M × 2^{-2}, 2^{-3}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma nicht im geringsten geschrumpft, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin vakuolig-netzig. Chromosomen stets miteinander zusammengedrückt. Spindelfigur ganz homogen. Zellplatten häufig nicht gebildet. Zweikernige Zellen. Amöboide Kerne. Anaphasen- und Telophasenbrücken. (Fig. 58–62).

M × 2^{-4}, 2^{-5}: Zellen vereinzelt zerstört oder homogenisiert. Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, filzig-homogen, auch mit Vakuolen. Karyotin netzig-vakuolig. Kern häufig etwas verunstaltet. Chromosomen stets sehr verunstaltet zu unregelmässigen Klumpen, miteinander zusammengedrückt oder verschmolzen. Nukleolus häufig blass, hoffrei. Spindelfigur sehr schwach fädig oder filzig-gerinnselig. Zellplatten meist normal, zuweilen degeneriert. Telophasenbrücken mit Scheidewandanlagen. Anastomosierte Metaphase. Frühere Anaphase selten.

M × 2^{-6}: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma gerinnselig-flockig mit Bläschen, auch Vakuolen. Karyotin netzig. Chromosomen wie oben, ausserdem häufig zerstreut, fragmentiert. Nukleolus häufig blass. Spindelfiguren schwach fädig oder gerinnselig. Zellplattenbildung häufig ausbleibend. Anormale Mitosen sehr häufig. Meta- und Anaphase mit verirrten Chromosomen. Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Telophasenbrücken. Anaphase selten. Amöboide Kerne (eingruppige Rekonstruktion ?).

M × 2^{-7}: Fixierung normal ausser sich teilenden Zellen. Spireme häufig stachelig. Chromosomen noch etwas verunstaltet, fragmentiert, miteinander verklebt.

Spindelfäden häufig normal. Zytokinese meist normal. Mitosenanomalien noch sehr häufig. Metaphase mit etwas gestörter Chromosomenanordnung. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. Amöboide Kerne. Ausserdem häufig normale Figuren.

$M \times 2^{-8}, 2^{-9}$: Fixierungsbilder normal bei sich nicht teilenden Zellen. Neben normalen Mitosenfiguren noch zahlreiche anomale Karyokinesen. Spirem häufig stachelig, Chromosomen häufig klumpig, verdickt. Metaphase mit miteinander gebrückten oder anastomosierten Chromosomen. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Normale Figuren häufig. Spindelfäden meist normal. Zellplattenbildung normal!

Zusammenfassung.

1. Bleinitrat wirkt auf Zytoplasma nicht schrumpfend, auf Karyotin etwas vakuolisierend, auf Nukleolus häufig färbbarkeitsvermindernd ein.

2. Es fällt hier recht schwer, eine minimale tötliche Grenzkonzentration[1] ($M \times 2^{-7}$?) nur nach der morphologischen Veränderung der Zellstrukturen zu bestimmen, weil die strukturzerstörende Wirkung des Bleinitrates so minimal auftritt und weiter der Unterschied der strukturellen Beeinflussung hier nach der Konzentration zueinander sehr allmählich übergeht.

3. Anomale Mitosen kommen sehr häufig und mannigfaltig vor ($M \times 2^{-1}$–2^{-9}). Nicht selten wird auch Zytokinese gehemmt ($M \times 2^{-2}$–2^{-7}).

4. Im Gegensatz zu der geringfügigen makroskopischen Veränderung, welche die Keimwurzeln bei der Behandlung mit Bleinitrat erleiden, kommt die mikroskopische Strukturbeeinflussung durch letzteres äusserst auffallend zum Ausdruck.

5. Die Impermeabilität des Protoplasmas für Bleisalze ist mit Häufigkeit behauptet (z. B. siehe Lavison '10 S. 237, Stiles '24 S. 630 &c.). Unsere experimentell-cytologischen Ergebnisse scheinen aber, wie oben angeführt worden ist, nicht nur ihr zu widersprechen, sondern im Gegenteil die gegenteilige Angabe Hevesys ('23) zu unterstützen.

Wirkungen von Bleiazetat.

Da die Versuchsergebnisse im Grossen und Ganzen ebenso ausfallen wie bei Bleinitrat, so wollen wir es unterlassen, hier das Versuchsproto-

1) Über die physiologische Grenzkonzentration vgl. Knop ('85), Lavison ('10), Bokorny ('12b), Bonnet ('22), Hevesy ('23).

koll weiter niederzulegen und uns nur darauf beschränken, unten einige Besonderheiten hervorzuheben. Was wir für Bleinitrat ausgeführt haben, das hat auch hier volle Geltung.

1. Die Unterschiede der Strukturveränderung zwischen den inneren und äusseren Zellen der Wurzel kommen bei weitem deutlicher zum Vorschein als bei Pb $(NO_3)_2$.

2. Hier werden die geschrumpften Zellen häufiger gefunden als dort.

3. Bleiazetat wirkt auf Karyotin weniger vakuolisierend, mehr aushöhlend.

4. Kerne unregelmässiger Formen, Karyomerenbildung, Zentripetal angelegte Zellplatten &c. sind nicht selten anzutreffen.

Wirkungen von Eisenchlorid (Fe Cl_3).

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von Fe Cl_3 (ca. 16.2%).

M, $M \times 2^{-1}$: Zellen fixiert. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, gerinnselig-vakuolig. Karyotin teilweise gelöst, grob-vakuolig oder ausgehöhlt. Chromosomen teilweise gelöst, etwas schlanker (Metaphase), vakuoliger (Anaphase). Nukleolus etwas geschrumpft, mit breitem Hof. Spindelfäden deutlich. Zellplatten normal. (Fig. 63, 64).

$M \times 2^{-2}$, $M \times 2^{-3}$: Fixierung fast wie oben. Chromosomen fast ungelöst, etwas verunstaltet. Nukleolus vakuolig, mit breitem Hof.

$M \times 2^{-4}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, gerinnselig oder etwas filzig (innen). Karyotin grob-netzig oder flockig. Chromosomen häufig verunstaltet und miteinander verschmolzen. Nukleolus mit Hof. Spindelfäden etwas schwächer. Zellplattenbildung normal (Fig. 65). Anaphasenbrücken. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen.

$M \times 2^{-5}$, 2^{-6}: Im groben wie bei M $\times 2^{-4}$. Zytoplasma mehr geschrumpft. Spindelfäden etwas deutlicher. Fixierungsminimum !

$M \times 2^{-7}$: Zellen teilweise zerstört, im Inneren sterbend. Zytoplasma sehr geschrumpft, innen filzig mit Bläschen. Chromosomen etwas verunstaltet, flockig fixiert. Spindelfäden schwach oder deutlich (innen). Mitosenanomalien selten.

$M \times 2^{-8}$–2^{-10}: Periphere Zellen absterbend, homogenisiert oder vakuolisiert. Sonst nachfixiert. Zytoplasma geschrumpft, filzig mit Bläschen. Chromosomen verunstaltet, häufig verirrt, zerstreut, miteinander verschmolzen. Nukleolus mit Hof. Spindelfäden sehr deutlich ! Zellplatte nicht selten (periphere Zellen) ausbleibend. Anaphasen- und Telophasenbrücke. Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. Zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-11}$: Zellen meist normal fixiert, vereinzelt zerstört. Spindelfäden ziemlich

deutlich, häufig seitlich oder zentripetal angelegte Zellplatten. Mitosenanomalien selten.

M × 2^{-12}, 2^{-13}: Spindelfäden deutlich, häufig gebogen, zuweilen zentripetal angelegte Zellplatten. Vereinzelt Karyolyse. Sonst normal.

M × 2^{-14}: Völlig normal.

Zusammenfassung.

1. Durch die Fixierungskonzentrationen (M × 2^{-1}–2^{-6}) wird Zytoplasma immer geschrumpft, Karyotin häufig vakuolisiert, welch letzteres bei den Konzentrationen (M × 2^{-1}–2^{-3}) teilweise in Lösung geht (vgl. Schwarz '92 S. 117, 180).

2. Spindelfäden werden meistens ziemlich ausgeprägt. Zellplattenbildung wird nur bei den niedrigen Konzentrationen (M × 2^{-8}–2^{-13}) dann und wann geschädigt.

3. Karyokinese verhält sich bei den Konzentrationen (M × 2^{-8}–2^{-10}) häufig anormal.

4. Hier kommt auch die Wirkung der hydrolytisch gespaltenen Salzsäure neben der der Schwermetallsalze zur Geltung und somit scheinen die Verhältnisse etwas kompliziert zu sein (siehe unten und weiter vgl. die Wirkungen d. H Cl).

Wirkungen von Eisenoxydulsulfat ($Fe\,SO_4\,7H_2O$).

Stammlösung: Mol × ½ wässerige Lösung von $Fe\,SO_4\,7H_2O$ (ca. 13.9%).

Temperatur: 27°C.

M × 2^{-1}: Zellen teilweise zerstört oder homogenisiert. Karyotin feinkörnig oder etwas netzig, blass gefärbt. Zytoplasma homogen-gerinnselig oder schwach filzig (vakuolig) mit Bläschen. Nukleolus normal gefärbt. Spindelsubstanz homogen. Chromosomen verdickt und verkürzt oder sonst etwas verunstaltet, oder miteinander verschmolzen, sehr häufig anormal geordnet. Anaphasenbrücken. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Zweikernige Zellen. (Fig. 66).

M × 2^{-2}: Zellen teilweise zerstört, sonst fixiert. Spindelfäden ziemlich deutlich. Vereinzelt Anaphasenbrücken und zweikernige Zellen. Chromosomen etwas verunstaltet. Sonst wie oben.

M × 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört, Chromosomen verunstaltet, fragmentiert, sonst wie oben.

M × 2^{-4}: Wie oben fixiert. Ausserdem Chromosomen verunstaltet, miteinander verschmolzen, zerstreut. Mitosenanomalien häufig. „tassement équatorial" mit hellem Hof. Anaphasenbrücken. Sehr abgeplattete Anaphase (Fig. 67),

Anaphase mit nicht auseinandergehenden Chromosomen. Zytoplasma homogen-gerinnselig.

M × 2^{-5}, 2^{-6}, 2^{-7}: Zellen vereinzelt zerstört, Zytoplasma filzig-netzig mit Bläschen. ,, Karyolyse ''. Karyotin flockig-netzig. Spindelfäden gut ausgeprägt. Zellplatten bleiben selten aus. Ausser obengenannten Mitosenanomalien: Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Telophasenbrücken. (Fig. 68-71).

M × 2^{-8}: Minder anormal. ,,Karyolyse.'' Chromosomen wie oben. Vereinzelt zentripetal angelegte Zellplatten, sehr kurze und schmale Verbindungsfadenkomplexe (siehe unten).

M × 2^{-9}, 2^{-10}: Chromosomen noch etwas wie oben. Auch sehr kurze Verbindungsfäden. Vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken. Sonst normal.

M × 2^{-11}, 2^{-12}: ,, Karyolyse ''. Zellplatten auch wie oben (nicht immer). Vereinzelt Telophasenbrücken.

M × 2^{-13}: Normal.

Zusammenfassung.

1. $FeSO_4$ wirkt auf Zytoplasma nicht merklich schrumpfend ein.

2. Verschiedene Typen der anomalen Karyokinese kommen überall (M × 2^{-1}–2^{-7}) vor.

3. Irgend eine Fixierungskonzentration ist hier nicht genau zu bestimmen (M × 2^{-1} ?).

4. Die Zellstrukturen sind nur vereinzelt zerstört.

5. Achromatische Fäden und Zellplattenbildung bleiben im allgemeinen normal; nur bei niederen Konzentrationen (M × 2^{-6}–2^{-12}) können sie jedoch etwas modifiziert hervortreten, wie man auch bei anderen Schwermetallsalzen zu sehen Gelegenheit haben wird.

Wirkungen von Nickelsulfat.

Stammlösung: M × 2^{-1} Lösung von $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ (ca. 14%).

1. *Versuche mit Vicia Faba.*

M × 2^{-1}: Zellen meist zerstört, geschrumpft. Sonst Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, gerinnselig-filzig. Karyotin netzig oder homogen-gerinnselig. Chromosomen etwas verunstaltet. Nukleolus meist verfärbt. Spindelfäden ziemlich deutlich. Anaphasenbrücken. Anaphase mit nicht auseinandergehenden Chromosomen.

M × 2^{-2}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma meist von Membran unabgelöst, feingerinnselig-filzig, mitunter mit Bläschen. Karyotin grob-netzig. Nukleolus meist hoffrei. Chromosomen verunstaltet, verkürzt, zerstreut &c. Spindelfäden sehr ausgeprägt, chromatisch, meist abnorm gebogen. Zellplatten normal (?). Anaphasen- und Telophasenbrücken, Metaphase und Anaphase mit sehr

zerstreuten Chromosomen. ,, tassement équatorial". Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen und gebogenen Verbindungsfäden.

$M \times 2^{-3}$: Alle Zellen gut fixiert. Fixierungsbilder wie oben. Teilungsanomalien häufig. Ausser obengenannten, Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Tripolige Figuren. Karyomerenbildung (nur vereinzelt).

$M \times 2^{-4}$: Zweikernige Zellen (Karyomeren ?), sonst ganz wie oben. (Fig. 72, 73, 74).

$M \times 2^{-5}$: Wie oben fixiert. Mitosenanomalien: Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase und Metaphase mit unregelmässigen Chromosomenanordnungen. (Fig. 75).

$M \times 2^{-6}$: Fixierung wie oben. Mitosenanomalien etwas vermindert. Metaphase mit verstreuten Chromosomen. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-7}, 2^{-8}$: Neben normalen Figuren, Anaphasen- und Telophasenbrücken. ,, tassement équatorial" (mit oder ohne Hof). Metaphase, Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Chromosomengruppen.

$M \times 2^{-9}$: Metaphase und Anaphase mit zerstreuten oder bizarr gedrückten Chromosomen (Fig. 76). Metaphase mit zusammengedrückten Chromosomenhaufen. Telophasenbrücken. Tripolige Anaphase.

$M \times 2^{-10}$: Meiste Figuren normal. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-11}$: Ganz normal.

2. *Versuche mit* GLYCINE SOJA.

$M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört. Sonst Zytoplasma unabgelöst. Fixierung normal. Chromosomen verunstaltet. Spindelfäden degeneriert oder ziemlich ausgeprägt. Zellplatten nicht oder nur unvollkommen gebildet, häufig durch extranukleare Nukleolen ersetzt. Zweikernige Zellen. Anaphase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Metaphase mit anastomosierten oder zusammengedrückten Chromosomen (Fig. 77-81).

$M \times 2^{-2}$-2^{-5}: Alle Zellen fixiert, etwas normal. Mitosenanomalien sehr häufig: Anaphasenbrücken, Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Chromosomenhaufen. Metaphase mit zerstreuten, zusammengedrückten oder anastomosierten Chromosomen. Telophase häufig normal. Chromosomen verunstaltet, verkürzt, miteinander verschmolzen usw. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatten normal (?). (Fig. 82-85).

$M \times 2^{-6}$: Mitosen fast normal. Spindelfäden bleiben noch schwach.

Zusammenfassung.

1. Auch Nickelsulfat wirkt auf Zytoplasma nicht schrumpfend ein. In anderer Hinsicht liefert es ferner so gut wie normale Fixierungsbilder.

2. Anomale karyokinetische Figuren verschiedener Arten verbreiten sich sehr weit (bei *Vicia Faba* bis auf $M \times 2^{-9}$, bei *Glycine Soja* bis auf $M \times 2^{-5}$).

3. Achromatische Fäden erscheinen entweder anormal ausgesprochen und häufig gebogen oder verlegt (bei *Vicia Fala*) oder nur schwach angedeutet (bei *Glycine Soja*).

4. Zellplattenanlage wird aber in beiden Fällen im allgemeinen normalerweise gebildet.

5. Es ist auffällig, dass die beiden Versuchspflanzen sich gegen dasselbe äussere Agens so verschieden verhalten können.

6. Von der Fixierungskonzentration ist auch hier kaum die Rede.

7. Der Einfluss der Konzentration tritt auch hier wieder sehr zurück.

Wirkungen von Kobaltchlorür.

Stammlösung: M × ½ Lösung von $Co\,Cl_2\,6H_2O$ (ca. 11.9%).

1. *Versuche mit Vicia Faba.*

$M \times 2^{-1}$: Meiste Zellen zerstört, geschrumpft, in der Peripherie der Wurzel teilweise fixiert. Zytoplasma vakuolig. Kern geschrumpft. Karyotin homogenisiert, ausgehöhlt.

$M \times 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma nicht geschrumpft, gerinnselig-filzig. Karyotin vakuolig-netzig. Chromosomen geschrumpft, miteinander verklebt. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatte ganz normal. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-3}$, 2^{-4}: Zellen nur vereinzelt zerstört, geschrumpft. Sonst gut fixiert. Zytoplasma von Zellwand unabgelöst, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin vakuolig-netzig. Chromosomen zuweilen etwas verunstaltet. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden ausgeprägt, zuweilen gebogen. Zellplatten normal. Anaphasen- und Telophasenbrücken, Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen. ,,tassement équatorial'' mit klarem Hof. Anaphase und Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Metaphase mit zusammengedrückten Chromosomen (Fig. 86).

$M \times 2^{-5}$, 2^{-6}: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma, Karyotin, Nukleolus wie oben. Chromosomen unregelmässiger Klümpchen, verirrt, zerstreut, fragmentiert, miteinander verschmolzen, zusammengedrückt. Anomale Mitosen häufiger. Metaphase immer anormal, nämlich mit zusammengedrückten, verschmolzenen, verirrten Chromosomen. Anaphasenbrücken. ,,tassement équatorial''. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Spindelfäden sehr deutlich ausgeprägt, häufig anormal gebogen oder geradlinig.

$M \times 2^{-7}$, 2^{-8}: Alle Zellen nachfixiert, Zytoplasma gerinnselig-schwachfilzig. Karyotin netzig. Spindelfäden normal. Mitosenanomalien noch vorhanden: Metaphase mit verunstalteten, verschmolzenen oder zerstreuten Chromosomen, vereinzelt mit extranuklearen Nukleolen (Fig. 87). Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-9}$, 2^{-10}: Metaphase und Anaphase mit zerstreuten Chromosomen, vereinzelt mit extranuklearen Nukleolen. Sonst ganz normal.

M × 2^{-11}: Normal.

2. *Versuche mit* Glycine Soja.

M × 2^{-1}: Zellen meist zerstört.

M × 2^{-2}: Peripher liegende Zellen zerstört, innere geschrumpft, homogenisiert.

M × 2^{-3}: Zellen meist zerstört. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig, meist von Zellwand unabgelöst, im Innern der Wurzel gerinnselig-körnig. Spindelfäden schwach angedeutet, innen ziemlich fädig. Metaphase mit zusammengedrückten oder verschmolzenen Chromosomen. Anaphasenbrücken. Anaphase und Telophase häufig normal. (Fig. 88).

M × 2^{-4}–2^{-7}: Zellen vereinzelt zerstört, bei Pleromzellen Zytoplasma etwas geschrumpft. Spindelfäden schwach (innen angedeutet). Zellplatten häufig doppelkontouriert (Fig. 89). Neben normalen Figuren Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase mit zusammengedrückten, verschmolzenen oder etwas verirrten Chromosomen.

Zusammenfassung.

1. In grossen Zügen schliesst sich Co Cl_2 der Wirkung nach an $NiSO_4$ an, nur dass das letztere mehr die karyokinetischen Figuren schädigt und minder strukturzerstörend wirkt.

2. Die minimale wirksame Konzentration befindet sich hier etwas niedriger (bei *Vicia* M × 2^{-10}, bei *Glycine* über M × 2^{-7} hinaus) als dort (Ni SO_4).

3. Zweikernige Zellen treten hier nie auf. Bei *Vicia Faba* werden auch die abnorm gebogenen oder die geradlinigen chromatischen Spindelfäden entwickelt (M × 2^{-3}–2^{-6}).

4. In vereinzelten Fällen wird die Metaphasenfigur von einem persistenten Nukleolus begleitet.

5. Eine Fixierungskonzentration wird auch bei CoCl_2 nicht gefunden.

Wirkungen von Kobaltsulfat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von Co SO_4. 7H_2O (ca. 28.1%).

M, *M* × 2^{-1}: Zellen grossenteils zerstört, geschrumpft. Sonst Zytoplasma von Membran abgelöst, filzig mit Bläschen. Karyotin vakuolig-netzig, häufig herausdiffundiert. Mitosenfiguren auch zerstört.

M × 2^{-2}, 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}: Zellen im grössten Teil fixiert, Zytoplasma gerinnselig-filzig, Karyotin netzig, Chromosomen normal oder etwas verunstaltet, zerstreut. Anaphasenbrücken häufig. Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Spindelfäden gut ausgedrückt, auch gebogen. Zellplattenbildung ganz normal.

M × 2^{-6}: Anormale Karyokinese häufiger: Metaphase mit verunstalteten, zerstreuten, verschmolzenen Chromosomen. Anaphasenbrücken häufig. „tassement équatorial". Sonst wie oben.

M × 2^{-7}: Noch Anaphasen- und Telophasenbrücken nicht selten. Sonst normal.

M × 2^{-8}–2^{-11}: Vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken, Metaphase mit zerstreuten Chromosomen.

Zusammenfassung.

1. Dem Wesen nach wirkt $Co\,SO_4$ ähnlich wie $Co\,Cl_2$.
2. Das Sulfat hat sich etwas minder giftig erwiesen. Mitosenabnormitäten kommen seltener vor. Diese Tatsachen lassen ohne weiteres darauf schliessen, dass auch hier das Sulfat permeabilitätshemmend, während das Chlorid permeabilitätsfördernd wirkt, wie es auch anderswo häufig der Fall ist.
3. Auch $Co\,SO_4$ kommt die zellfixierende Wirkung keineswegs zu.
4. Anomale Spindelfäden treten bei $M \times 2^{-2}$–2^{-6} hervor.
5. Zellplattenbildung verläuft wie sonst ganz normal.

Wirkungen von Manganosulfat.

Stammlösung: 1 Mol Lösung von $Mn\,SO_4 \cdot 4H_2O$ (ca. 15.1%).

M: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma gerinnselig oder gerinnselig-filzig. Chromosomen etwas verunstaltet, etwas geschrumpft (?), fragmentiert. Metaphase und Anaphase mit zerstreuten Chromosomen. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatten normal.

M × 2^{-1}, 2^{-2}: Periphere Zellen vereinzelt zerstört. Sonst nachfixiert. Neben normalen, Chromosomen verdickt, fragmentiert, verschmolzen, zusammengedrückt. Telophasen- und Anaphasenbrücken. Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Vereinzelt Metaphase mit Nukleolus. Spindelfäden schwach (periphere Zellen) oder ziemlich deutlich (innen), auch verkürzt. Zellplattenbildung normal, vereinzelt zentripetal. Sonst normal.

M × 2^{-3}: Vereinzelt „Karyolyse" (auch oben). Spirem und Chromosomen noch etwas verunstaltet. Anaphasenbrücken. Zentripetale Zellplattenbildung und verkürzte Spindelfäden.

M × 2^{-4}–2^{-7}: Völlig normal.

Zusammenfassung.

1. Wie man von vornherein erwarten kann, stellt das $Mn\,SO_4$ unter den Schwermetallsalzen eines der schwächsten Gifte dar; abgesehen von seiner strukturzerstörenden und mitosenschädigenden Wirkung, lässt es keine anomale Strukturmodifikation entstehen. (vgl. physiologische Angaben von Knop ('85), Lavison ('11 S. 167), Netter ('23)).
2. Spindelfäden werden zuweilen etwas geschwächt, Zytokinese wird aber nicht dadurch gehemmt.

3. Minimale wirksame Konzentration entspricht $M \times 2^{-3}$.

4. Es liegt hier keine Fixierungskonzentration vor. (vgl. LAVISON '11 S. 146).

5. Die angebliche wachstumsfördernde Wirkung[1] der Mn-Salze lässt sich nicht auf experimentell-zytologischem Wege feststellen.

WIRKUNGEN VON MAGNESIUMSULFAT.

Stammlösung: $M \times 2^{-1}$ wässerige Lösung von $Mg\ SO_4 . 7H_2O$ (ca. 12.3%).

M $\times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Bläschen. Karyotin gerinnselig, häufig ausgehöhlt. Chromosomen etwas verunstaltet, Metaphase und Anaphase mit verschmolzenen oder zusammengedrückten Chromosomen. Anaphasenbrücken. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Spindelfäden kaum sichtbar. Zellplatten normal.

M $\times 2^{-2}$, 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört, meist fixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig, nicht von Membran abgelöst. Karyotin gerinnselig-netzig. Spindelfäden normal oder schwach angedeutet. Prophase mit kleinen nukleolusähnlichen Körpern. Metaphase mit verunstalteten, verschmolzenen, zerstreuten oder fragmentierten Chromosomen.

M $\times 2^{-4}$: Alle Zellen nachfixiert, Plasma homogen-gerinnselig, meist nicht von Zellwand abgelöst. Abnorme Metaphase noch sichtbar. Spindelfäden häufig schwach angedeutet.

M $\times 2^{-5}$: Metaphase zuweilen etwas beschädigt. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

M $\times 2^{-6}$: So gut wie normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Der Wirkung nach schliesst sich $Mg\ SO_4$ bei weitem näher an die Schwermetallsalze (z. B. $Mn\ SO_4$) an als an die Erdmetallsalze oder Erdalkalisalze ; noch weiter weicht es ab von den Alkalisalzen (vgl. unten). Diese Eigentümlichkeit der Mg-Salze dokumentiert sich auch durch ihre schmale Fällungszone (siehe z. B. BECHHOLD '20 S. 420), weiterhin durch andere physiologische Wirkungen (vgl. z. B. HÖBER '22 S. 682)[2].

2. $Mg\ SO_4$ wirkt auf Zytoplasma homogenisierend, nicht schrump-

---

1) Siehe CZAPEK ('13 S. 183), MAQUENNE ('21), POPOFF ('22, '24), BRINK ('24b S. 374) &c.

2) Besondere Giftigkeit der Mg-Salze ist schon hervorgehoben, z. B. von HANSTEEN-CRANNER ('19 usw.), BRENNER ('20 S. 283 ff.), GERICKE ('22) usw. Vergleiche weiter auch LOEW ('92 S. 381 ff., '06–'08 S. 11), MAQUENNE ('21), KAHHO ('21b), SPEK ('20, '21), LEPESCHKIN ('24 S. 178).

fend, auch auf Karyotin etwas dispersitätsvergrössernd, also begünstigt die Quellung der Plasmakolloide.

3. Karyokinese wird häufig ungünstig beeinflusst, während Zytokinese kaum gehemmt wird, obgleich Spindelfäden mehrfach zu verschwinden im Begriff sind.

4. Es liegt auch hier keine Fixierungskonzentration vor. Die strukturzerstörende Wirkung macht sich bis auf $M \times 2^{-2}$ bemerkbar, die mitosenschädigende bis auf $M \times 2^{-5}$.

Wirkungen von Aluminiumchlorid.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $Al\,Cl_3$ (ca. 13.4%).

M: Alle Zellen zerstört und geschrumpft.

$M \times 2^{-1}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma in der Peripherie der Wurzel mehr geschrumpft.

$M \times 2^{-2}$: Alle Zellen gut nachfixiert. Zytoplasma unabgelöst. Chromosomen etwas geschrumpft, verschmolzen. Nukleolus hoffrei. Spindel deutlich. Zellplattenbildung normal. Neben normalen Figuren, Anaphasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}, 2^{-6}$: So gut wie normal. Karyotin etwas gröber netzig. Zytoplasma gerinnselig, häufig mit grossen Vakuolen (etwa wie Oxalsäure-Präparat, siehe unten).

Wirkungen von Aluminiumsulfat.

Stammlösung: 10% wässerige Lösung von $Al_2\,(SO_4)_3$ (ca. 0.29 Mol).

10%: Alle Zellen ziemlich gut nachfixiert. So gut wie normal. Zytoplasma gerinnselig-filzig. Nukleolus meist hoffrei. Spindelfäden gut.

$10\% \times 2^{1.75}$: Alle Zellen gut fixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Chromosomen etwas geschrumpft. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden und Zellplatten normal. Neben normalen, Anaphasenbrücken.

$10\% \times 2^{-1}, 2^{-2}$: So gut wie bei 10%. Vereinzelt multipolare Spindelbildung (Prophase, Vernichtung der Polarität, vgl. Němec ('99)).

$10\% \times 2^{-3}$-2^{-5}: Fast normal.

Zusammenfassung.

1. Eine gewisse Konzentration der Al-Salze (z. B. $M \times 2^{-2}$) wirkt auf alle Zellelemente derart, dass die Viskosität der Plasmakolloide erhöht wird (z. B. Adhärieren des Zytoplasmas an die Zellmembran, Endverklebung der Chromosomen, somit Anaphasenbrücken, Ausbleiben der Hofbildung um Nukleolus, Ausgeprägtwerden der achroma-

tischen Fäden[1] usw.), was gerade für die Angaben von FLURI ('09), SZÜCS ('13b S. 277) und SCARTH ('23) zu sprechen scheint.

2. Aluminiumsalz wirkt nicht so ungünstig, wie bisher häufig angegeben ist, z. B. von ROTHERT ('06), LAVISON ('11 S. 169 ff.), MIYAKE ('13), SZÜCS ('13a), WILLIAMS ('18 S. 595), MAQUENNE ('21), BRINK ('24b S. 373), PRINGSHEIM ('24 S. 8), LEPESCHKIN ('24 S. 117, 184 ff.) usw., soweit man nach unseren experimentell-cytologischen Versuchen abmessen kann.

3. Karyokinese wird äusserst selten, Zytokinese nie geschädigt.

4. Auch hier erweist sich das Chlorid unverkennbar wirksamer als das Sulfat, ein Umstand, der die Ansicht begünstigt, dass das erstere Plasmakolloide quellend bezw. permeabilitätssteigernd, während das letztere entquellend, somit permeabilitätserniedrigend wirkt. (vgl. auch die Angaben von LAVISON ('11 S. 146, 148) OSTERHOUT ('12) und STOKLASA ('22) mit unseren Ergebnissen).

WIRKUNGEN VON STRONTIUMCHLORID.

Stammlösung: M × ½ Lösung von Sr Cl_2 + 6Aq (ca. 13.3%).

$M \times 2^{-1}, 2^{-2}$: Alle Zellen zerstört unter Schrumpfung.

$M \times 2^{-3}$: Alle Zellen gut nachfixiert. Zytoplasma etwas geschrumpft, filzig mit Bläschen. Karyotin körnig-netzig. Spindelfäden deutlich.

$M \times 2^{-4}$–2^{-6}: Membranartige Strukturen sehr deutlich. „Karyolyse" häufig (Fig. 90). Chromosomen etwas verunstaltet. Sonst wie oben. Mitosen kaum geschädigt. Zellplattenbildung zentripetal oder Verbindungsfäden verkürzt (Fig. 91, 92), besonders bei M × 2^{-5}, 2^{-6}. Zytoplasma meist ungeschrumpft.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. $SrCl_2$ wirkt auf Zytokinese und Karyokinese nicht hemmend. Spindelfäden werden beibehalten.

2. Die unverkennbare Wirksamkeit dieses Salzes lässt auf seine Eindringbarkeit in das Protoplasma schliessen.

3. Die Wirkung geht hier dahin, dass die membranartigen Strukturen stets ausgesprochen hervortreten.

WIRKUNGEN DES BARIUMCHLORIDS.

Stammlösung: M × 2^{-1} wässerige Lösung von Ba Cl_2. $2H_2O$ (ca. 12.2%).

$M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise (besonders innere Zellen) zerstört. Zytoplasma geschrumpft. Karyotin homogenisiert.

---

1) s. LUNDEGÅRDH ('12c S. 482), HEILBRUNN ('20b), ZIMMERMANN ('23 S. 131, 141) &c.

M × 2^{-2}: Zellen teilweise (mehrfach in inneren Zellen) zerstört. Zytoplasma geschrumpft. Karyotin körnig. Zytoplasma gerinnselig-körnig mit Vakuolen. Spindelfäden ziemlich deutlich. Chromosomen etwas verunstaltet. Vereinzelt Telophasenbrücken.

M × 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört, sonst ziemlich gut nachfixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Karyotin grob-netzig. Spindelfäden ausgeprägt. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

M × 2^{-4}: Zellen vereinzelt homogenisiert, sonst wie oben fixiert. Vereinzelt ,, Karyolyse '', mitunter Anaphasenbrücken.

M × 2^{-5}: Fixierung wie oben. Telophasenbrücken. Mitunter zentripetal angelegte Zellplatten.

M × 2^{-6}, 2^{-7}, 2^{-8}, 2^{-9}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Anomale Karyokinese wird manchmal gefunden, aber nicht so häufig wie bei Ca Cl_2 (siehe unten). Spindelbildung und Zytokinese können meistens normal geschehen.

2. Minimale tötliche Konzentration (M × 2^{-4}) liegt etwas niedriger als bei Sr Cl_2 (M × 2^{-2}).

3. In grossen Zügen wirkt Ba Cl_2 ähnlich wie Sr Cl_2.

Wirkungen von Kalziumchlorid.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von Ca Cl_2 (ca. 22.2%).

2*M*: Alle Zellen abgestorben, zerstört und geschrumpft.

M: Innere Zellen zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma gerinnselig-netzig. Karyotin netzig. Spindelfäden ziemlich deutlich. Neben normalen Figuren, Telophasenbrücken.

M × 2^{-1}: Innere Zellen zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma gerinnselig-filzig oder vakuolig-netzig, von Membran abgelöst.

M × 2^{-2}: Alle Zellen gut fixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Karyotin grobnetzig. Spindelfäden meist deutlich, mitunter Verbindungsfäden unsichtbar. Zellplatte auch häufig degeneriert. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase und Telophase mit extranuklearen Nukleolen, mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Chromosomen etwas verunstaltet. (Fig. 93–95). Kernverschmelzung. Zweikernige Zellen. Einseitig angelegte Zellplatten.

M × 2^{-3}: Fixierung etwa wie oben. Anomale Mitosen seltener. Neben normalen Figuren, Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit extranuklearen Nukleolen.

M × 2^{-4}: Fixiert wie oben. Häufig auch Telophase mit extranuklearen Nukleolen.

M × 2^{-5}: Meist normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. $CaCl_2$ weicht insofern von anderen Erdalkalisalzen ab, als es sehr häufig zur anomalen Karyokinese anregen kann und weiter auch Zytokinese nicht selten angegriffen wird. (vgl. SEIFRIZ '23b). (siehe auch SPEK '20).

2. Die minimale tötliche Konzentration liegt hier viel höher, nämlich etwa bei M., was die schwächere Giftigkeit des Ca Cl_2 andeutet (vgl. BENECKE ('07), OSTERHOUT ('06, '07), TAKEUCHI ('06–'08), LAVISON ('11 S. 162), MIYAKE ('13), TADOKORO ('19 S. 145), BRENNER ('20), ROUSSY ('22) &c).

3. Unsere Ergebnisse lassen sich mit folgenden Angaben in Einklang bringen:

(1) Dass Ca-Salze wirklich ins Protoplasma eindringbar seien (COLIN und LAVISON ('10), STILES und JØRGENSEN ('15a), JOHNSON ('15), OSTERHOUT ('13b, '13c), BRENNER ('20 S. 283 ff.), TRUE und HARVEY ('18), TSCHERMAK ('24 S. 564), SPEK ('19b, '20).

(2) Dass sie zellteilungshemmend wirken sollen (SPEK '19b, '20).

4. Alle Erdalkalisalze erscheinen ihrer Wirkung nach darin einig, dass

(1) sie auf Zytoplasma etwas schrumpfend, auf Karyotin etwas vergröbernd (netzig machend) einwirken.

(2) sie stets das Hervortreten der membranartigen Strukturen (Hautschicht, Kernwand, Vakuolenwand, filzige oder streifige Struktur und Bläschen im Zytoplasma und schliesslich Spindelfäden[1]) begünstigen.

(3) ihnen die Fixierungskonzentration fehlt.

(4) sich bei der übermaximalen Konzentration die mutmassliche osmiumsäurereduzierende Substanz nicht exosmieren lässt, da sie gleichsam permeabilitätsvermindernd wirken. (vgl. OSTERHOUT '12a, '12b, SPEK '19, '20, BRINK '24b S. 375 usw.)

5. Für die Erdalkaliionen mögen folgende Reihen gelten[2]:

(1) nach Giftigkeit: Ca < Sr < Ba.

(2) nach karyokinesehemmender Wirkung: Sr < Ba < Ca.

---

1) Aus der Spindelbildung hemmenden Wirkung des Ca Cl_2 darf man auf die Plasma verflüssigende Wirkung desselben (siehe TSCHERMAK '24 S. 564) schliessen, ein Umstand, welcher eben für die Ansicht SEIFRIZ' ('23b) zu sprechen scheint, der Ca der Wirkung nach näher an Na und K gestellt hat.

2) Näheres über Ionenreihen siehe unten, theoretischen Teil.

Wirkungen von Kaliumchlorid.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von K Cl (ca. 7.5%).

M: Alle Zellen zerstört oder homogenisiert.

$M \times 2^{-1}$: Zellen homogenisiert oder zerstört (Peripherie), vereinzelt nachfixiert.

$M \times 2^{-2}$: Zellen vereinzelt zerstört oder geschrumpft, sonst fixiert. Zytoplasma gerinnselig. Chromosomen verschmolzen, etwas verdickt und verkürzt. Spindelfäden degeneriert. Zellplattenbildung zuweilen unterblieben. Anormale Mitosen häufig: Spätere Prophase mit hellem Hof, Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-3}$: Nukleolus hoffrei. Neben normalen, Anaphasen- und Telophasenbrücken. Fixierung ziemlich gut.

$M \times 2^{-4}$–2^{-6}: So gut wie normal fixiert. Zuweilen Anaphasenbrücken, Kern mit hellem Hof.

Zusammenfassung.

1. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-2}$, wie bei anderen Alkalisalzen, wo anormale Karyokinesen am häufigsten anzutreffen sind.
2. Auch Zellplattenbildung wird nicht selten gehemmt.

Wirkungen von Natriumchlorid.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von Na Cl (ca. 11.7%).

$2M$: Zellen teilweise zerstört. Kern geschrumpft. Zytoplasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig. Karyotin ausgehöhlt, homogen oder vakuolig. Chromosomen geschrumpft. Nukleolus mit Hof. Spindelfäden gerinnselig oder degeneriert.

M: Zellen teilweise zerstört, teilweise wie oben. Karyotin homogenisiert oder feinnetzig. Chromosomen geschrumpft, zusammengedrückt oder miteinander verschmolzen. Nukleolus stets mit breitem Hof. Spindelfäden ganz unsichtbar. Zellplatte normal. Zytoplasma meist von Membran unabgelöst, gerinnselig, oder in der Peripherie der Wurzel gerinnselig-vakuolig.

$M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört, sonst wie oben. Zytoplasma im Inneren der Wurzel geschrumpft. Karyotin gerinnselig oder netzig, häufig mit Vakuolen.

$M \times 2^{-2}$: Zellen vereinzelt zerstört, sonst gut fixiert. Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, gerinnselig, zuweilen arm filzig mit Bläschen. Karyotin netzig-vakuolig, Chromosomen häufig fragmentiert, verdickt usw. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden und Zellplatten vereinzelt normal. Mitosenanomalien sehr häufig: Anaphase und Metaphase mit hellem Hof. „tassement équatorial". Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen und extranuklearen Nukleolen (ohne Spindelfäden). Neben

normalen auch Meta-, Ana- und Telophase mit zerstreuten Chromosomen. Telophase mit sehr entfernten Tochteranlagen. Unregelmässige eingruppige Rekonstruktion. Vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken. Zweikernige Zellen und Kernfusion. (Fig. 96, 97).

$M \times 2^{-3}$: Karyotin netzig-vakuolig. Zytoplasma ungeschrumpft, gerinnselig-filzig. „tassement équatorial" mit Hof. Anaphase mit entfernten Tochteranlagen. Sonst so gut wie normal.

$M \times 2^{-4}$, 2^{-5}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-2}$, wo sich anomale Karyokinesen häufig vorfinden.

2. Auch Spindelbildung wird geschädigt und zweikernige Zellen treten nicht selten hervor (M–$M \times 2^{-2}$).

3. Die Wirkung des Na Cl stimmt in den Hauptzügen mit der von K Cl überein.

Wirkungen von Lithiumchlorid.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von Li Cl (ca. 7.8%).

M: Alle Zellen zerstört, Zytoplasma und Kern homogenisiert.

$M \times 2^{-1}$: Innere Zellen zerstört, äussere homogenisiert.

$M \times 2^{-2}$: Zellen zerstört oder homogenisiert und vakuolisiert. Zytoplasma etwas geschrumpft, homogenisiert oder vakuolisiert. Karyotin auch vakuolisiert oder homogenisiert. Chromosomen miteinander verschmolzen, verunstaltet. Nukleolus mit Hof. Spindelfäden homogen fixiert. Keine anormale Karyokinese.

$M \times 2^{-3}$: Zellen teilweise zerstört oder homogenisiert. Zytoplasma gerinnselig, abgelöst von Zellwand. Karyotin vakuolig, „Karyolyse". Spindelfäden schwach angedeutet oder unsichtbar, vereinzelt deutlich. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen. Zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-4}$: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, gerinnselig-netzig. Karyotin grob-netzig. Chromosomen etwas verunstaltet, häufig mit geschwollenen Enden. Zellplattenbildung und Spindelfäden vereinzelt normal. Anaphasenbrücken. „tassement équatorial" mit oder ohne Hof. (Fig. 98, 99, 100).

$M \times 2^{-5}$: Fixierung wie oben. Chromosomen verkürzt, verirrt &c. Spindelfäden meist ziemlich deutlich. Zellplatte nicht selten degeneriert, also zweikernige Zellen. Neben normalen, Telophasenbrücken. Kernverschmelzung.

$M \times 2^{-6}$, 2^{-7}: Zellen häufig etwas geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig.

Zusammenfassung.

1. Anomalien der Karyokinese sind bei $M \times 2^{-3}$–2^{-4} anzutreffen, auch Spindel- und Zellplattenbildung häufig gehemmt (vgl. Sabline '03).

2. Li Cl weicht seiner Wirkung nach insofern von anderen Alkalisalzen ab, als

(1) es auf Zytoplasma mehr schrumpfend, auf Karyotin mehr vakuolisierend einwirkt (vgl. GIERSBERG '22);

(2) die minimale tötliche Konzentration hier etwas nach unten verschoben wird ($M \times 2^{-3}$), es also giftiger wirkt (vgl. BENECKE ('95 S. 507), BOKORNY ('12b S. 127), CHOLODNYJ ('23 S. 236), BRINK ('24a, '24b S. 366, 372) &c.);

(3) es etwas langsamer hineindiffundieren kann, (vgl. SABLINE ('03), SPEK ('23).

3. Die angeblich zellteilungsfördernde oder irgendwelche günstige Wirkung lässt sich nicht bestätigen (vgl. CZAPEK ('13 S. 178, 180), RICHARDS ('97), HÖBER ('22 S. 627), SPEK ('20, '19a, '19b) usw.).

WIRKUNGEN VON AMMONIUMCHLORID.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von NH_4 Cl (ca. 10.6%).

2M: Zellen teilweise zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma geschrumpft, homogen. Karyotin homogen. Chromosomen geschrumpft. Spindelfäden homogen.

M, $M \times 2^{-1}$: Zellen meist zerstört oder homogenisiert, geschrumpft. Karyotin ausgehöhlt. Kern geschrumpft. Chromosomen geschrumpft, verschmolzen. Spindel homogenisiert. Zytoplasma gerinnselig.

$M \times 2^{-2}$: Zellen vereinzelt zerstört, sonst nachfixiert. Zytoplasma gerinnselig. Karyotin gerinnselig-netzig. Chromosomen verunstaltet, mitunter verschmolzen oder zusammengedrückt. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplattenbildung bleibt vereinzelt aus. Telophasenbrücken. Anaphase und Metaphase mitunter etwas geschädigt. Vereinzelt zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}$: Zytoplasma im Inneren der Wurzel geschrumpft, etwas homogenisiert. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden homogenisiert oder vereinzelt schwach angedeutet. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Sonst so gut wie normal.

$M \times 2^{-6}-2^{-8}$: Völlig normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-2}$.

2. Der Wirkung nach kommen auch NH_4 Cl einige Besonderheiten gegenüber anderen Alkalisalzen zu :

(1) Es liegt eine zwar mangelhaft fixierende Konzentration (2M) vor (vgl. NH_3).

(2) Mitosenanomalien und Zweikernigkeit treten nicht so häufig hervor, sondern sie werden nur vereinzelt bei $M \times 2^{-2} - M \times 2^{-5}$

gefunden, während Spindelbildung im allgemeinen unterbleibt ($2M - M \times 2^{-5}$).

3. Besondere Giftigkeit und permeabilitätserhöhende Wirkung der NH_4-Ionen werden nicht deutlich bemerkt (vgl. CHOLODNYJ ('23 S. 237), BAYLISS ('18 S. 115), KREHAN ('14), NATHANSOHN ('04 S. 411, 416 ff.), STILES ('24 S. 621) usw.).

4. Über die Wirkungen der Alkalisalze überhaupt können wir zusammenfassend Folgendes sagen:

(1) Sie wirken deutlich exosmosefördernd, zellstrukturhomogenisierend.

(2) Nicht nur wird Karyokinese immer mehr und minder angegriffen, sondern auch Zytokinese bleibt häufig aus.

(3) Nach der Häufigkeit der Zellteilungsanomalien beurteilt, gilt bezüglich der Giftigkeit der Ionen folgende Reihe: $NH_4 < K < Na < Li$.

(4) Es unterliegt keinem Zweifel mehr, dass den Erdalkalien gegenüber die Alkalisalze auf Protoplasma ungleich ungünstiger einwirken. Vgl. z. B. KLEBS ('86–8 S. 507), Kühne ('64 S. 83), LOEW ('92 S. 374), BENECKE ('07), BOKORNY ('12b S. 135), KÜSTER ('10 S. 696), CZAPEK ('13 S. 169. 170), MIYAKE ('13), OSTERHOUT ('13c), TADOKORO ('19 S. 145), ZEUG ('20), SPEK ('21), BRINK ('24a, '25b S. 366, 372), &c. &c.

WIRKUNGEN VON KALIUMSULFAT.

Stammlösung: $M \times 2^{-1}$ wässerige Lösung von K_2SO_4 (ca. 8.9%).

$M \times 2^{-1}, 2^{-2}$: Alle Zellen gelöst, homogenisiert oder zerstört. Erwachsene Zellen mit gelöstem Karyotin.

$M \times 2^{-3}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma etwas geschrumpft, gerinnselig-filzig mit Bläschen. „Karyolyse". Spindelfäden gut, Telophasenbrücken, sonst normal.

$M \times 2^{-4}$: Anaphasenbrücken. Sonst wie oben.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-2}$.

2. Mitosenanomalien kommen allerdings mitunter vor ($M \times 2^{-3}$, 2^{-4}), aber Zytokinese verläuft ganz normal; Spindelfäden auch normal.

3. Hier scheint die Wirkung der Anionen (SO_4) sehr in den Vordergrund zu treten, weil alles Vorstehende im Vergleich mit der Wirkung von KCl auf die erniedrigte Permeabilität, gehemmte Exosmose (für Osmiumsäure reduzierende Substanz), also plasmafällende Wirkung schliessen lässt.

4. Konzentrierte K_2SO_4-Lösung löst das Protoplasma, besonders Karyotin, vollständig auf.

Wirkungen von Natriumsulfat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (ca. 32.2%).

M: Innere Zellen zerstört, sonst homogenisiert oder geschrumpft, vakuolisiert. Karyotin homogenisiert, in älteren Zellen gelöst. Spindelfäden homogenisiert.

$M \times 2^{-1}$: Zellen vereinzelt zerstört, teilweise homogenisiert, sonst Zytoplasma etwas geschrumpft, gerinnselig. Karyotin gelöst und Nukleolus ungelöst bleibend.

$M \times 2^{-2}$: Vereinzelt zerstört. Kern etwas verzerrt. Karyotin homogenisiert. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig.

$M \times 2^{-3}$: Fixierung sehr gut. Zytoplasma filzig mit Bläschen Karyotin körnig-netzig. Spindelfäden deutlich. Zellplatten nicht selten ausbleibend. Mitosenanomalien: Telophasenbrücken, Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen (Fig. 101). Zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-4}, 2^{-5}$: Vereinzelt Anaphasenbrücken. Sonst so gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Na_2SO_4 wirkt etwas giftiger als K_2SO_4, was auf die leichtere Permeabilität des Plasmas für das erstere hinzudeuten scheint. Vgl. Stiles ('24 S. 621), Giersberg ('22 S. 210).

2. Mitosenanomalien lassen sich bei $M \times 2^{-3}$ häufig ausfindig machen. In vereinzelten Fällen kommen auch zweikernige Zellen hinzu.

3. Auf Karyotin wirkt Na_2SO_4 auflösend sowie quellend ein (vgl. Zacharias ('10 S. 183, 233)).

Wirkungen von Ammoniumsulfat.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von $(NH_4)_2SO_4$ (ca. 26.4%).

2M, M: Alle Zellen geschrumpft, zerstört.

$M \times 2^{-1}, 2^{-2}$: Zellen meist zerstört, vereinzelt nachfixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, homogen-vakuolig oder gerinnselig-vakuolig. Karyotin körnig-vakuolig oder netzig-vakuolig. Chromosomen geschrumpft, miteinander zusammengedrückt. Nukleolus verunstaltet, mit breitem Hof. Spindelfäden homogen.

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}$: Zellen vereinzelt zerstört (nur bei $M \times 2^{-3}$), sonst fixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig, nicht selten auch mit Bläschen (bei $M \times 2^{-5}$ gerinnselig). Karyotin körnig-gerinnselig. Chromosomen zuweilen auch verunstaltet. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden schwach entwickelt. Zellplatten normal gebildet. Mitosen meist normal, vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase mit zerstreuten, fragmentierten Chromosomen.

M × 2^{-6}: Spindelfäden noch schwach angedeutet, Telophasenbrücken, sonst normal.

M × 2^{-7}, 2^{-8}: Ganz normal.

Eine Reihe von Parallelversuchen wurden mit *Vigna chinensis* angestellt, nur um so gut wie dieselben Ergebnisse zu erzielen.

Zusammenfassung.

1. Hier treten die Wirkungen der NH_4-Ionen ausgeprägt hervor. Dementsprechend erweist sich die Wirkung des $(NH_4)_2\ SO_4$ anders als Na- und K-Sulfat, vielmehr mit der des NH_4Cl zusammengehörig (vgl. oben) und zwar etwas giftiger als das letztere (vgl. Boresch '13 S. 171).
2. Minimale tötliche Konzentration entspricht M × 2^{-3}.
3. $(NH_4)_2\ SO_4$ wirkt auf das Protoplasma (auch Karyotin, Spindelfäden) homogenisierend oder vakuolisierend.
4. Mitosenanomalien finden sich bei M × $2^{-3}-2^{-7}$ vor, aber niemals wird Zytokinese beeinflusst.
5. An der erheblichen Permeabilität des Protoplasmas für NH_4-Ionen als solche wird nicht mehr gezweifelt (vgl. Bayliss ('18 S. 115), Heffter ('23 S. 471-74), Krehan ('14), Stiles ('24 S. 621), Nathansohn ('04 S. 411, 416 ff.) usw.).

Wirkungen von Kaliumnitrat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von K NO_3 (ca. 10.1%).

M: Zellen im Inneren der Wurzel zerstört. Kern geschrumpft. Zytoplasma vakuolisiert. Karyotin homogenisiert oder vakuolisiert. Chromosomen vakuolisiert, verschmolzen. Spindelfäden degeneriert. Anaphase mit zusammengedrückten Tochteranlagen.

M × 2^{-1}: Periphere Zellen zerstört. Zytoplasma filzig-vakuolig mit Bläschen. Karyotin vakuolig. Spindelfäden degeneriert.

M × 2^{-2}: Zellen vereinzelt zerstört, sonst ziemlich gut fixiert. Plasma filzig, Karyotin vakuolig-netzig. „Karyolyse" ! Spindelfäden häufig normal. Anaphasenbrücken. „tassement équatorial". Keine normale Anaphase und Telophase. (Fig. 102).

M × 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört, sonst wie oben fixiert. Spindelfäden meist deutlich, trotzdem Zellplattenbildung gehemmt, also zweikernige Zellen, Kernverschmelzung (Fig. 104). Anaphase und Telophase meist normal.

M × 2^{-4}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma filzig-vakuolig mit Bläschen. Karyotin vakuolig-netzig. Zellplatten und auch Verbindungsfäden häufig unsichtbar. Zweikernige Zellen (Fig. 103), sonst normal.

M × 2^{-5}: So gut wie normal. „Karyolyse" !

M × 2^{-6}: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Minimale tötliche Konzentration entspricht $M \times 2^{-3}$.

2. Karyokinesen werden nicht so tief affiziert, Zytokinesen aber mit Häufigkeit gehemmt.

3. Die von mir „Karyolyse" genannten seltsamen Figuren[1], wie sie auch schon NĚMEC ('10) und SAKAMURA ('20 S. 100) usw. aufgefallen sind, machen sich überall bemerkbar. Dass sie aber auch bei verdünnteren Konzentrationen von verschiedenen Substanzen zum Vorschein kommen können, machen die Angaben der beiden Forscher überflüssig, die sie immer der Wirkung der Plasmolyse zugesprochen haben.

4. $K NO_3$ wirkt ungleich giftiger, wie man sich zunächst vorstellen mag. (vgl. DE VRIES ('85 S. 471, 531), BENECKE ('07), KLEBS ('86-8 S. 507), KÜSTER ('10 S. 696), PFEFFER ('86 S. 211), TAKEUCHI ('06-8), OSTERHOUT ('13c), CZAPEK ('13 S. 170), WILLIAMS ('18), PRAT ('23) usw.)

5. Unsere Versuche machen auch die Permeabilität des Protoplasmas für Kalisalpeter recht wahrscheinlich. (vgl. JANSE ('87, '88), WIELER ('87), NATHANSOHN ('03 S. 253, 255), WISSELINGH ('20 S. 416), OSTERHOUT ('22) usw.)

Wirkungen von Kaliumbromid.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von K Br (ca. 11.9%).

M, $M \times 2^{-1}$: Alle Zellen aufgelöst, homogenisiert oder zerstört. (wie bei $Na_2 SO_4$, $K_2 SO_4$).

$M \times 2^{-2}$: Im Inneren der Wurzel zerstört, erwachsene Zellen gelöst. Zytoplasma etwas homogenisiert, so auch die Spindelfäden. „tassement équatorial", Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergehenden Chromosomen. Chromosomen verunstaltet, geschrumpft oder gequollen, verschmolzen usw.

$M \times 2^{-3}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Karyotin grobnetzig. Chromosomen häufig zusammengeschmolzen. Spindelfäden häufig deutlich. Zellplatten und Verbindungsfäden zuweilen unsichtbar. Zweikernigkeit, Kernverschmelzung. Anaphase gebrückt oder mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. (Fig. 105).

$M \times 2^{-4}$: Chromosomen etwas quellend (?) verunstaltet. Telophasen- und Anaphasenbrücken, sonst normal.

$M \times 2^{-5}$, 2^{-6}: Ganz normal.

---

1) Vgl. weiter ALBRECHT ('02), CONKLIN ('17 S. 406), MAINX ('24 S. 567). Nicht selten erinnern sie an die Blasenkerne MOLISCHS ('99 u. siehe WISSELINGH '02 S. 122, '21 S. 301 usw.).

Zusammenfassung.

1. Minimale tötliche Konzentration entspricht $M \times 2^{-2}$.

2. K Br wirkt nicht im geringsten schrumpfend, sondern etwas quellend (vgl. Bechhold '20 S. 412), bei höheren Konzentrationen auflösend.

3. Mitosenanomalien werden bei $M \times 2^{-2} - 2^{-4}$ gefunden, wo auch Zytokinesen nicht selten ausbleiben.

4. Irgendeine günstige Wirkung wird kaum konstatiert (vgl. Richards '22).

Wirkungen von Kaliumjodid.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von KJ (ca. 16.6%).

M, $M \times 2^{-1}$: Zellen gelöst, homogenisiert, geschrumpft, vakuolisiert oder zerstört.

$M \times 2^{-2}$: Periphere einige Zellschichten homogenisiert, sonst zerstört.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma homogen mit grossen Vakuolen. Karyotin ausgehöhlt, vakuolisiert. Chromosomen miteinander verschmolzen, vakuolisiert. Spindelfäden homogen. „tassement équatorial". Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen.

$M \times 2^{-4}$: Zellen vereinzelt zerstört, sonst gut nachfixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Karyotin vakuolig-netzig. Chromosomen verschmolzen, gequollen. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatten meist normal gebildet. „tassement équatorial", Anaphasenbrücken. Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Zuweilen Zweikernigkeit und Kernfusion (Fig. 106).

$M \times 2^{-5}$–2^{-7}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Karyotin netzig-vakuolig. Spindelfäden normal. Karyokinesen normal.

Zusammenfassung.

1. Strukturzerstörende Wirkung erlöscht erst bei $M \times 2^{-5}$, also zeigt sich bedeutender als bei K Br (im Gegensatze zu der Angabe Bokornys ('12b S. 136)).

2. Hier treten die Homogenisierung des Zytoplasmas (auch der Spindelfiguren) und Vakuolisierung des Karyotins anscheinend hervor.

3. KJ wirkt auf das Protoplasma lösend bei höheren Konzentrationen ($M \times 2^{-1}$).

4. Bei den Konzentrationen $M \times 2^{-3}$, 2^{-4} treten anomale Mitosen in Mengen auf, während Zellplattenbildung nur selten gehemmt wird.

5. Keine besondere Wirkung gibt sich cytomorphologisch zu erkennen. (vgl. BECHHOLD '20 S.412).

6. In groben Zügen schliesst sich KJ seiner Wirkung nach an KBr an.

WIRKUNGEN VON KALIUMCHLORAT.

Stammlösung: ¼ Mol Lösung von K Cl O_3 (ca. 3.064%). Temperatur der Lösung: 25° C.

$M \times 2^{-2}$: Zellen meist zerstört. Zytoplasma homogen-gerinnselig oder gerinnselig-vakuolig. Karyotin vakuolig-netzig, ausgehöhlt, Kern geschrumpft. Chromosomen zusammengedrückt, etwas geschrumpft. Nukleolus unregelmässiger Form. Spindelfäden unsichtbar.

$M \times 2^{-3}$: Zellen meist zerstört. Zytoplasma unabgelöst von Zellmembran, gerinnselig-filzig, oder gerinnselig-vakuolig mit deutlichen Bläschen. Kern etwas geschrumpft. Karyotin gerinnselig-netzig (peripher) oder vakuolig-netzig (innen), Chromosomen und Spirem deutlich doppelstrukturiert, geschrumpft, zusammengedrückt, etwas verirrt, häufig unregelmässig gestaltet. Nukleolus geschrumpft, mit Hof. Spindelfäden schwach angedeutet oder sehr deutlich und gebogen. Zellplatte meist normal, mitunter seitlich angelegt. Mitosenanomalien häufig: ,, tassement équatorial " mit Hof. Anaphasenbrücken, Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Telophasenbrücken mit Hof. Normale Figuren selten. Vereinzelt zweikernige Zellen. ,, Karyolyse ".

$M \times 2^{-4}$: Alle Zellen fixiert, vereinzelt zerstört. Fixierung wie oben. Chromosomen verunstaltet, geschrumpft, etwas verschmolzen. Spindelfäden und Zellplatten meist normal, die letzteren vereinzelt verlegt. Amöboide und hantelförmige Kerne. Zweikernige Zellen und Kernverschmelzung. Telophasenbrücken. Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen und gebogenen Verbindungsfäden. ,, Karyolyse ". Normale Figuren häufig. (Fig. 106 b).

$M \times 2^{-5}, 2^{-6}$: Fixierung normal. Kern auch unregelmässig. Chromosomen und Spireme minder verunstaltet, gebrückt. Spindelfäden deutlich, auch gebogen. Zellplatten häufig seitlich oder zentripetal angelegt. Zuweilen auch Telophasenbrücken, zweikernige Zellen. Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen, häufig ,, Karyolyse ".

$M \times 2^{-7}$–2^{-9}: So gut wie normal, vereinzelt Telophasenbrücken. Zweikernige Zellen. Zentripetal oder seitlich angelegte Zellplatten.

$M \times 2^{-10}$–2^{-13}: Normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-4}$.

2. Karyokinesen finden sich häufig bei $M \times 2^{-3} - M \times 2^{-6}$ anomal vor. Auch zweikernige Zellen kommen nicht selten vor, während

Spindelbildung nicht gänzlich gehemmt wird, aber dagegen häufig gefördert zu werden scheint.

3. Abgesehen von den Mitosenanomalien üben ClO_3-Ionen auf Zellstrukturen keinen besonders bemerkenswerten Einfluss aus.

Wirkungen von Kaliumpermanganat.

Stammlösung: ¼ Mol wässerige Lösung von $K\,Mn\,O_4$ (ca. ¼ × 15.8%).

Temperatur der Lösung: 25° C.

$M \times 2^{-2}$, 2^{-3}: Alle Zellen geschrumpft, zerstört.

$M \times 2^{-4}$: Zellen teilweise zerstört. Kern und Zytoplasma geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig oder homogen-gerinnselig. Chromatin gerinnselig-flockig. Spindelfäden schwach angedeutet. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-5}$: Zellen meist zerstört, homogenisiert, geschrumpft. Zytoplasma homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin gerinnselig-flockig mit Karyosomen, oder fein netzig. Chromosomen gerinnselig, etwas verunstaltet. Nukleolus nicht kugelig. Spindelfäden kaum oder nur schwer sichtbar. Mitosen selten. (Fig. 107).

$M \times 2^{-6}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma meist abgelöst von Zellmembran, gerinnselig-filzig-netzig. ,, Karyolyse ''. Karyotin fein körnig-netzig. Chromosomen gerinnselig, verunstaltet, verdickt. Spindelfäden ziemlich oder gut ausgedrückt. Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen. Mitosen selten.

$M \times 2^{-7}$, 2^{-8}: Zellen vereinzelt zerstört. Fixierung fast wie oben. Chromosomen und Spireme gerinnselig, Chromosomen zerstreut, eingeschnürt, fragmentiert, gekräuselt, geschrumpft &c. Nukleolus mitunter nicht kugelig. Spindelfäden deutlich, häufig mit abnormem Verlaufe. Zellplatten normal. Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen. ,, Karyolyse ''.

$M \times 2^{-9}$–2^{-12}: Zellen vereinzelt sterbend, homogenisiert. Sonst fixiert wie oben. ,, Karyolyse ''. Chromosomen, Spindelfäden wie oben. Telophase und Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen. Anaphase mit unregelmässigen, häufig eckig kontourierten Tochteranlagen. Vereinzelt zweikernige Zellen und Telophasenbrücken.

$M \times 2^{-13}$, 2^{-14}, 2^{-15}, 2^{-16}: Alle Zellen so gut wie normal fixiert ausser Teilungsfiguren und ,, Karyolyse ''. Chromosomen wie oben. Spindelfäden und Zellplatten meist normal. Zweikernige Zellen. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit gehoften Tochteranlagen. Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen und gebogenen Spindelfäden.

$M \times 2^{-17}$, 2^{-18}: Fixierung normal. ,, Karyolyse ''. Chromosomen noch verunstaltet, zerstreut oder verschmolzen. Spindelfäden ziemlich oder gut ausgeprägt, auch häufig gebogen. Zellplatten meist normal, vereinzelt zentripetal oder seitlich angelegt. Tripolige Telophase. Anaphase mit unregelmässigen oder sehr entfernten Tochteranlagen.

$M \times 2^{-19}$–2^{-21}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. $KMnO_4$ stellt sich besonders wirksam heraus.

2. Minimale tötliche Konzentration entspricht $M \times 2^{-12}$.

3. Bei den Konzentrationen $M \times 2^{-4}-2^{-6}$ wirkt $KMnO_4$ auf Zytoplasma schrumpfend und zellteilungshemmend.

4. Mitosenanomalien werden bei $M \times 2^{-7}-2^{-18}$ gefunden. Zellplattenbildung kann nur vereinzelt etwas anomal geschehen oder gänzlich ausbleiben, wobei aber Spindelfäden nicht mit verschwinden.

5. Verunstaltete Chromosomen und „Karyolyse" kehren sehr häufig wieder.

6. Da es hier keine eigentliche Fixierungskonzentration gibt, so ist $KMnO_4$ als Fixierungsmittel kaum brauchbar (vgl. Mann ('02 S. 93)).

7. In mancher Hinsicht ähnelt die Wirkung des $KMnO_4$ der der Schwermetallsalze.

Wirkungen von Ferrocyankalium.

Stammlösung: $M \times 2^{-1}$ wässerige Lösung von $K_4Fe(CN)_6\,3H_2O$ (ca. 21.1%).
Temperatur der Lösung: 25°C.

$M \times 2^{-1}$: Zellen meist geschrumpft, zerstört, im Inneren der Wurzel nicht geschrumpft und homogenisiert. Kern geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig.

$M \times 2^{-2}$: Zellen (periphere) teilweise zerstört. Sonst fixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, gerinnselig-flockig mit Vakuolen. Karyotin netzig-vakuolig, häufig ausgehöhlt oder grossenteils gelöst mit flockigen Resten. „Karyolyse". Chromosomen geschrumpft. Nukleolus auch geschrumpft. Spindelfäden verschwunden. Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. Metaphase und Anaphase mit zusammengedrückten Chromosomen. Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen.

$M \times 2^{-3}$: Periphere Zellen teilweise zerstört. Kern unregelmässiger Form. Zytoplasma gerinnselig-flockig, nicht von Zellmembran abgelöst. Karyotin vakuolig-netzig, ausgehöhlt. „Karyolyse". Chromosomen geschrumpft, klumpig, fragmentiert, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt. Spindelfäden filzig oder nur schwach oder kaum sichtbar. Zellplatten nicht gebildet. Kerne (ruhende und auch sich teilende) mit hellem Hof. Zweikernige Zellen. Metaphase und Anaphase mit unregelmässigen Chromosomengruppen. Anaphasen- und Telophasenbrücken.

$M \times 2^{-4}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig oder netzig-vakuolig. Häufig „Karyolyse". Chromosomen gerinnselig, verunstaltet, verdickt, fragmentiert, etwas ungeordnet. Nukleolus mit Hof. Spindelfäden ziemlich oder gut ausgeprägt, vereinzelt nur schwach angedeutet (besonders in Anaphase und Telophase), gebogen. Zell-

plattenbildung normal oder etwas verlegt angelegt. Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen.

$M \times 2^{-5}$: Abnorme Strukturveränderung minder deutlich. Sonst wie oben.

$M \times 2^{-6}, 2^{-7}$: Zellen vereinzelt zerstört. Chromosomen gerinnselig, zuweilen etwas verdickt. Nukleolus mit Hof. Spindelfäden gut ausgeprägt. „Karyolyse". Sonst so gut wie normal.

$M \times 2^{-8}$: Fast wie oben. Vereinzelt Anaphase mit verspreizten Tochterchromosomenhaufen.

$M \times 2^{-9}, 2^{-10}$: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Bei höheren Konzentrationen ($M \times 2^{-2}$) wirkt $K_4 Fe (CN)_6$ auf Karyotin auflösend oder vakuolisierend und aushöhlend.

2. Minimale tötliche Konzentration entspricht $M \times 2^{-7}$.

3. Karyokinese wird bei den Konzentrationen ($M \times 2^{-2} - 2^{-5}$) häufig beeinflusst. Spindelfiguren werden je nach der Konzentration entweder gehemmt ($M \times 2^{-2}, 2^{-3}$) oder verdeutlicht ($M \times 2^{-4} - 2^{-8}$). Im ersteren Falle kann auch Zellplattenbildung ganz unterbleiben.

4. Im Vergleiche mit $K_3 Fe (CN)_6$ (siehe unten) wird auch hier die stärkere Wirksamkeit des $K_4 Fe (CN)_6$ bestätigt (vgl. Czapek '13 S. 182, Heald '96, Kahlenberg und True '96, Knop '85 &c), was allem Anschein nach auf die stärkere Adsorbierung des letzteren beruhen mag (vgl. Handovsky '22 S. 80).

Wirkungen von Ferricyankalium.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $K_3 Fe (CN)_6$ (ca. 32.9%).

Temperatur der Lösung: 25°C.

M; $M \times 2^{-1}$: Meist Zellen geschrumpft, zerstört, Kern geschrumpft. Zytoplasma geschrumpft, dicht homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin und Chromosomen teilweise gelöst, mit grossen Vakuolen erfüllt, oder mit flockigen Resten. Nukleolus geschrumpft. Spindelfäden homogen.

$M \times 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört, Kern geschrumpft. Zytoplasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin vakuolig-netzig, ausgehöhlt, in peripheren Zellen häufig homogen, sonst flockig, etwas gelöst. Chromosomen geschrumpft, zusammengedrückt. Spindelfäden homogenisiert.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, homogen-gerinnselig, oder schwach filzig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig oder netzig-vakuolig, häufig ausgehöhlt. „Karyolyse". Chromosomen deutlich, doppelstrukturiert, etwas verunstaltet, zerstreut, ungeordnet oder fragmentiert. Nukleolus meist mit Hof. Spindelfäden meist ziemlich deutlich, häufig gebogen, vereinzelt unsichtbar. Zellplatten meist nicht gebildet. Meta-

phase und frühere Anaphase sehr häufig aber meist etwas anomal. Zweikernige Zellen (Karyomeren ?), Kernfusion (?).

M × 2^{-4}, 2^{-5}: Zellen vereinzelt zerstört. Karyotin mitunter ausgehöhlt. „Karyolyse": Chromosomen verunstaltet, verdickt, miteinander gebrückt (auch Spirem). Nukleolus meist mit Hof. Spindelfäden ziemlich deutlich, zuweilen gebogen. Zellplatten normal.

M × 2^{-6}–2^{-8}: „Karyolyse". Chromosomen noch etwas verunstaltet, sonst fast normal.

M × 2^{-9}–2^{-13}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Der Hauptsache nach stimmt die Wirkung des $K_3 \cdot Fe\ Cy_6$ mit der von $K_4\ Fe\ Cy_6$ überein; der Unterschied bezieht sich nur auf den Grad derselben.

2. Minimale tötliche Konzentration liegt bei M × 2^{-6}.

3. Bei den mittleren Konzentrationen wird die etwaige teilungsfördernde Wirkung deutlich bemerkbar (M × 2^{-3}).

4. Mitosenanomalien treten bei M × $2^{-2}-2^{-5}$ zahlreich auf. Auch Zytokinesen bleiben dann nicht selten aus.

Wirkungen von Kaliumchromat.

Stammlösung: M × 2^{-2} wässerige Lösung von $K_2\ Cr\ O_4$ (ca. 4.85%).

M × 2^{-2}: Meiste Zellen zerstört oder homogenisiert. Zytoplasma homogen mit Vakuolen. Kern geschrumpft, homogenisiert. Spindelfäden auch homogen, Chromosomen zusammengeballt.

M × 2^{-3}: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma filzig mit Vakuolen und Bläschen. Karyotin grob-netzig, Chromosomen etwas gequollen, verunstaltet. Spindelfäden meist ziemlich deutlich. Zellplattenbildung häufig ausbleibend. Zweikernige Zellen und Kernfusion. (Fig. 108, 109).

M × 2^{-4}, 2^{-5}: Fixiert fast wie oben. Anaphasen- und Telophasenbrücken häufig (Fig. 110).

M × 2^{-6}–2^{-10}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. $K_2\ Cr\ O_4$ erweist sich weniger giftig als $K_2\ Cr_2\ O_7$ (siehe unten). Die minimale tötliche Konzentration liegt bei M × 2^{-2}.

2. Mitosenanomalien werden bei M × $2^{-3}-2^{-5}$ gefunden. Zytokinese wird dabei häufig gehemmt.

3. Bezüglich der Strukturbeeinflussung verhält sich $K_2\ Cr\ O_4$ ganz anders als $K_2\ Cr_2\ O_7$ (siehe unten).

Wirkungen von Kaliumbichromat.

Stammlösung: $M \times 2^{-1}$ wässerige Lösung von $K_2Cr_2O_7$ (ca. 14.7%).

$M \times 2^{-1}$: Zytoplasma geschrumpft, homogen mit tropfigen Einschlüssen, Stärkekörner gequollen. Karyotin gelöst bis auf flockige Reste, Chromosomen gelöst unter Quellung, Nukleolus etwas gequollen, blass, verunstaltet. Spindelfäden homogenisiert (Fig. 111).

$M \times 2^{-2}$: Periphere einige Zelllagen wie oben. Im Inneren der Wurzel Zellen zerstört oder homogenisiert oder vakuolisiert.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört (besonders in Peripherzone). Sonst etwas fixiert. Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, homogen-vakuolig. Karyotin körnig oder netzig-flockig. Chromosomen etwas verunstaltet (geschrumpft), verschmolzen. Spindelfäden sehr schwach angedeutet, etwas dünner. Anaphasenbrücken. (Fig. 112).

$M \times 2^{-4}$: Zellen vereinzelt zerstört oder vakuolisiert. Sonst gut fixiert. Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, homogen-filzig mit Bläschen. Karyotin fein-netzig-flockig, häufig mit Karyosomen. Chromosomen etwas verunstaltet. Spindelfäden ziemlich deutlich, dünner mit homogener Substanz. Anaphase und Metaphase mit verschmolzenen Chromosomen. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-5}$–2^{-8}: Zytoplasma gerinnselig-filzig. Karyotin schön netzig. Spindelfäden deutlich. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-9}$–2^{-17}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den Konzentrationen ($M \times 2^{-1}-2^{-3}$) wirkt Kaliumbichromat auf Karyotin lösend, Zytoplasma homogenisierend.

2. Fixierende Wirkung ist sehr mangelhaft und zwar nur bei $M \times 2^{-3}-2^{-4}$ maximal (vgl. Tellyesniczky ('98 S. 204, 205, 229 ff., '10 S. 462), Fischer ('99), Wasielewski ('99), Mann ('02 S. 75), Berg ('03 S. 415)).

3. Zytoplasma löst sich nicht von Zellwand ab (vgl. Scarth '23).

4. Minimale tötliche Konzentration entspricht $M \times 2^{-4}$ (vgl. Kahlenberg u. True ('96), Davenport ('08 S. 3, 4), Bokorny ('12b S. 163), Sartory ('24) usw.).

5. Kaliumbichromat scheint nur langsam in die Zellen einzudringen (vgl. Overton ('99 S. 109, '01 S. 29), Lundegårdh ('12a S. 233, '21 S. 317), Bechhold ('20 S. 59)).

6. Die in $K_2Cr_2O_7$ abgestorbenen Wurzeln halten nicht die Osmiumsäure reduzierenden Substanzen zurück.

7. Mitosenanomalien kommen nur selten vor.

Wirkungen von Kaliumcyanid.

Stammlösung: $M \times 2^{-1}$ wässerige Lösung von KCN (ca. 3.25%).

$M \times 2^{-1}, 2^{-2}$: Zytoplasma geschrumpft. Kern gequollen. Karyotin und Chromosomen gelöst bis auf tropfige Reste. Nukleolus ungelöst bleibend. Spindelfäden homogen. (Fig. 113).

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}$: Lösende Wirkung noch in peripheren Zellen sichtbar. Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma filzig-vakuolig. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen verunstaltet, verschmolzen. Nukleolus blass, hoffrei. Spindelfäden homogen oder körnig. Zellplattenbildung nicht selten ausbleibend. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen. Häufig zweikernige Zellen. (Fig. 114, 115).

$M \times 2^{-5}$–2^{-8}: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma filzig mit Bläschen. Karyotin und Nukleolus fast wie oben. Spindelfäden verschwindend. Zellplatte häufig unsichtbar. Amöboide Kerne. Zweikernige Zellen. Verschmelzung der Kerne. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase mit verirrten Chromosomen. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. (Fig. 116–119).

$M \times 2^{-9}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Bei höheren Konzentrationen löst Kaliumzyanid Karyotin und Chromosomen auf, aber Nukleolus nicht, welcher zwar an seiner Färbbarkeit vermindert zu werden pflegt.

2. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-4}$. Die Wirksamkeit erstreckt sich jedoch bis über $M \times 2^{-8}$ hinaus (vgl. Heald ('96), Kahlenberg und True ('96), Clark ('99) Bokorny ('12b S. 193), Czapek ('13 S. 196)).

3. Mitosenanomalien werden sehr häufig bei $M \times 2^{-3}-2^{-8}$ gefunden. Auch Zytokinese wird in den meisten Fällen gehemmt (vgl. Lillie ('14 S. 126, 137), usw).

Wirkungen von Natriumsulfit.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $Na_2SO_3 \cdot 7H_2O$ (ca. 25.2%).

M: Zellen teilweise zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, dicht homogen-gerinnselig, häufig mit Vakuolen. Karyotin homogen mit Karyosomen. Kern häufig geschrumpft, vakuolisiert. Chromosomen zusammengedrückt oder verschmolzen. Nukleolus hoffrei. Spindel homogen.

$M \times 2^{-1}, 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig-vakuolig. Kern geschrumpft. Karyotin gerinnselig-vakuolig (etwas gelöst ?), ausgehöhlt. Chromosomen schlanker, gerinnselig (teilweise gelöst ?). Nukleolus

geschrumpft oder nicht kugelig, blasser (etwas gelöst ?). Spindel nur schwach fädig.

M × 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört. Sonst gut fixiert. Zytoplasma nicht geschrumpft, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin gerinnselig-netzig-vakuolig. Chromosomen mitunter verunstaltet, verschmolzen, fragmentiert. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden deutlich. Zellplatte meist normal. ,, tassement équatorial ''. Anaphasenbrücken (vereinzelt), Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen.

M × 2^{-4}: Meiste Zellen gut nachfixiert, vereinzelt zerstört. Fixierung wie oben. Spindelfäden und Zellplatte mitunter undeutlich. Neben normalen Figuren, Metaphase mit zusammengedrückten oder verschmolzenen Chromosomen. Anaphasenbrücken. Anaphase mit entfernten Tochteranlagen, extranukleären Nukleolen. Zweikernige Zellen (Fig. 126).

M × 2^{-5}: Wie oben fixiert. Anaphasen- und Telophasenbrücken, Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Spindel- und Zellplattenbildung häufig gehemmt, also zweikernige Zellen und Karyomerenbildung.

M × 2^{-6}: Mitosenanomalien sehr vermindert. Sonst wie oben.

M × 2^{-7}: Karyotin und Telophasenchromosomen etwas vakuolig. Spindelfäden deutlich. Zellplatte mitunter unsichtbar. Telophasenbrücken. Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Zweikernige Zellen, Kernverschmelzung, vereinzelt Karyomeren.

M × 2^{-8}: Karyotin etwas gröber netzig oder vakuolig, sonst so gut wie normal.

M × 2^{-9}, 2^{-10}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Natriumsulfit wirkt auf Karyotin deutlich vakuolisierend, nicht aber merklich auflösend. Turinas Beobachtung wird nicht bestätigt (Turina '22).

2. Minimale tötliche Konzentration liegt bei M × 2^{-5}.

3. Mitosenanomalien sind häufig bei M × $2^{-3}-2^{-7}$ anzutreffen. Spindel- und Zellplattenbildung werden auch nicht selten gehemmt.

Wirkungen von Natriumthiosulfat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $Na_2 S_2 O_3 . 5H_2O$ (ca. 24.82%).

M: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma etwas geschrumpft, homogen-gerinnselig-vakuolig. Kern geschrumpft, homogen oder vakuolig. Chromosomen geschrumpft, verschmolzen. Spindelfäden nur schwach angedeutet. Anaphasenbrücken.

M × 2^{-1}: Zellen meist zerstört, teilweise wie oben fixiert. Karyotin in inneren Zellen vakuolig oder ausgehöhlt.

M × 2^{-2}: Zellen teilweise zerstört, sonst wie oben.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma meist nicht von Zellmembran abgelöst, homogen-gerinnselig oder gerinnselig-filzig. Karyotin körnig-netzig. Spindelfäden homogen oder nur schwach angedeutet. Zellplatten normal (?). Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Meta- und Anaphasenchromosomen zerstreut oder zusammen verschmolzen. Normale Figuren selten.

$M \times 2^{-4}, 2^{-5}$: Normale Figuren häufiger, sonst wie oben.

$M \times 2^{-6}$–2^{-8}: Vereinzelt auch anomale Karyokinesen (wie oben), sonst fast normal.

$M \times 2^{-9}$: Normal.

Zusammenfassung.

1. Im Vergleiche mit Na_2SO_3 zeichnet sich $Na_2S_2O_3$ durch geringere Wirksamkeit aus, was die ungleich geringere Alkalinität des letzteren zurückzuführen ist.

2. Die Eindringbarkeit des $Na_2S_2O_3$ in die Zellen lässt sich nicht mehr bezweifeln (vgl. Nathansohn ('04b), Ruhland ('09 S. 38 ff.)).

3. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $M \times 2^{-6}$ (vgl. Bokorny ('12b S. 141)).

4. Während Karyokinese und Spindelbildung merklich geschädigt werden ($M \times 2^{-3}-2^{-5}$), zeigt sich Zytokinese so gut wie normal.

Wirkungen von Natriumkarbonat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $Na_2CO_3.10H_2O$ (ca. 28.6%).

$M - M \times 2^{-4}$: Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig. Kern gequollen. Karyotin aufgelöst bis auf flockige Reste. Chromosomen gelöst unter Quellung, flockige Reste herausdiffundiert. Nukleolus geschrumpft. Spindelfäden homogen. Zellplatte doppelkontouriert.

$M \times 2^{-5}, 2^{-6}$: Zellen vereinzelt zerstört, Zytoplasma gerinnselig oder flockig-vakuolig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig. ,,Karyolyse''. Chromosomen gerinnselig, eingeschnürt, verdickt, fragmentiert, miteinander verschmolzen oder ungeordnet. Spindelfäden schwer sichtbar, deutlich und gebogen oder flockig. Zellplatten meist normal. Anaphase mit entfernten oder nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Telophasen- und Anaphasenbrücken. Vereinzelt zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-7}$–2^{-9}: Zellen teilweise zerstört. ,,Karyolyse''. Chromosomen wie oben. Spindelfäden und Zellplatten meist normal. Vereinzelt anomal verlegt oder gebogen. Anaphase häufig mit verspreizten Chromosomenhaufen. Anaphase mit entfernten Tochteranlagen. Sonst fast normal.

$M \times 2^{-10}$–2^{-11}: Chromosomen häufig noch verunstaltet. Vereinzelt Anaphasenbrücken und Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

$M \times 2^{-12}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den höheren Konzentrationen ($M \times 2^{0}-2^{-4}$) wirkt Na_2CO_3 auf Karyotin verquellend, Nukleolus und Zytoplasma entquellend, Spindelfäden homogenisierend.

2. Was die Karyotin auflösende Wirkung der Alkalien anbetrifft, so steht Natriumkarbonat der Kalilauge anscheinend etwas nach.

3. Bei den submaximalen Konzentrationen ($M \times 2^{-5}-2^{-11}$) tritt die Wirksamkeit der H_2CO_3 deutlich hervor (Vgl. die Wirkungen der Kalilauge). (vgl. Davenport ('08 S. 13), Bokorny ('12b S. 18, 136, 137), Miyake ('13), Tadokoro ('19 S. 144 ff.), Lepeschkin ('24 S. 199).)

4. Mitosenanomalien werden bei $M \times 2^{-5}-2^{-9}$ häufig beobachtet, während Zytokinese kaum angegriffen wird.

5. Spindelfäden treten entweder nur schwach oder deutlich hervor.

6. Die vakuolisierende Wirkung wird nur im Zytoplasma bemerkbar (vgl. Degen ('05)).

Wirkungen von Natriumbikarbonat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $NaHCO_3$ (ca. 8.4%).

M: Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Kern geschrumpft, Karyotin homogen-vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen gerinnselig oder vakuolig, geschrumpft, zusammengedrückt oder miteinander verschmolzen. Nukleolus geschrumpft. Spindelfigur homogen. Zellplatten doppelkontouriert. Kern mit hellem Hof.

$M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise (im Zentrum der Wurzel) zerstört. Zytoplasma wie oben. Kern geschrumpft. Karyotin homogen-gerinnselig, flockig oder vakuolig, teilweise gelöst (?). Chromosomen verquollen, gelöst oder herausdiffundiert. Nukleolus geschrumpft, mit Hof. Sonst wie oben.

$M \times 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört oder homogenisiert, Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin flockig-netzig. ,,Karyolyse". Chromosomen meist zusammengedrückt. Spindel homogen oder nur schwach fädig. Zellplatte normal.

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma noch etwas homogenisiert oder vakuolisiert. Karyotin netzig-vakuolig, häufig ausgehöhlt. ,,Karyolyse". Chromosomen verunstaltet, ungeordnet, zusammengedrückt, verdickt, fragmentiert usw. Chromosomen und Spireme gerinnselig. Spindelfäden homogen oder nur schwach angedeutet ($M \times 2^{-3}$) oder ziemlich deutlich, oder filzig, gebogen, verlegt ($M \times 2^{-4}$). Zellplatte meist normal gebildet. Mitunter zweikernige Zellen. Anaphase mit entfernten Tochteranlagen.

$M \times 2^{-5}$: Alle Zellen fixiert und Zytoplasma normal fixiert. ,,Karyolyse".

Chromosomen etwas wie oben nachfixiert. Spindelfäden deutlich, mitunter verlegt oder vereinzelt degeneriert. Zellplatten meist normal gebildet. Metaphase und Anaphase meist anomal. Anaphasenbrücken. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen oder unregelmässigen Tochteranlagen. Metaphase und Anaphase mit zusammengedrückten Chromosomen. Tripolige Metaphase, Vereinzelt zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-6}, 2^{-7}$: Vereinzelt wie oben. Sonst normal.

$M \times 2^{-8}, 2^{-9}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Der Hauptsache nach steht die Wirkung des Bikarbonats der des Karbonates sehr nahe. Der Unterschied scheint nur quantitativ zu sein.

2. Während die übermaximalen Wirkungen des $Na\,H\,CO_3$ (M, $M \times 2^{-1}$) denen des $Na_2\,CO_3$ bedeutend nachstehen, machen sich doch die submaximalen auch noch bei $Na\,H\,CO_3$ nicht minder bemerkbar, ein Umstand, der für die bei weitem leichtere Eindringbarkeit der Kohlensäure in die lebenden Zellen im Vergleiche mit der der OH-Ionen zu sprechen scheint. (Vgl. gegenteilige Angabe von Overton ('99 S. 109) usw.).

3. Mitosenanomalien sind häufig bei $M \times 2^{-3}-2^{-5}$ anzutreffen. Nur selten werden indessen zweikernige Zellen gebildet.

Wirkungen von Borax (Natriumtetraborat).

Stammlösung: M × 1/10 wässerige Lösung von $Na_2B_4O_7.10H_2O$ (ca. 3.8%).

Temperatur der Lösung: 24°C.

1/10 *M*: Im Inneren der Wurzel Zellen teilweise zerstört oder homogenisiert. Sonst Zytoplasma ungeschrumpft, gerinnselig. Kern geschrumpft. Karyotin netzig-vakuolig, häufig ausgehöhlt. Chromosomen körnig fixiert (Spiremstadium, Metaphase und Anaphase), geschrumpft, zusammengedrückt. Nukleolus meist gelöst oder auch geschrumpft, mit Hof. Spindelfäden homogen. Anaphasenbrücken.

1/10 $M \times 2^{-1}, 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört. Sonst Zytoplasma unabgelöst von Membran, homogen-gerinnselig, oder gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig, häufig ausgehöhlt. Chromosomen verdickt, miteinander verschmolzen, fragmentiert oder zerstreut. Spindelfäden nur schwach oder mässig und verlegt. Zellplatte meist normal, auch seitlich oder schräg verlegt angelegt. Anomale Mitosen sehr häufig: Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen. Anaphasenbrücken. ,, tassement polaire" und ,, équatorial," mit Hof. Ana-

phase und Metaphase mit zerstreuten oder zusammengedrückten Chromosomen. Vereinzelt zweikernige Zellen und Kernfusion. „Karyolyse." (Fig. 120–124).

$1/10\ M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma wie normal fixiert, sonst wie oben. (Fig. 125).

$1/10\ M \times 2^{-4}$: „Karyolyse". Spindelfäden schwach oder mässig angedeutet. Zellplatten normal, sonst etwas wie oben.

$1/10\ M \times 2^{-5}$–2^{-7}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Wie man auch zunächst leicht erwarten kann, weicht Borax der Wirkung nach von Borsäure nicht in geringem Masse ab.

2. Anomale Karyokinesen verschiedener Typen treten bei den Konzentrationen $1/10\ M \times 2^{-1} - 2^{-3}$ schroff auf. Zellplattenbildung kann auch mitunter abnorm verlaufen.

3. Minimale tötliche Konzentration entspricht $1/10\ M \times 2^{-4}$.

4. Borax wirkt auf Karyotin aushöhlend, Nukleolus schrumpfend oder sogar auflösend (1/10 M) und Zytoplasma (zuweilen auch Spindelfiguren) homogenisierend oder quellend.

Wirkungen von Ammoniumrhodanid.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $NH_4\ CNS$ (ca. 7.6%).

M: Zellen teilweise sterbend. Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig. Kern etwas geschrumpft. Karyotin teilweise gelöst, mit Vakuolen oder gerinnseligen Resten. Chromosomen völlig gelöst. Nukleolus blass gequollen. Spindelfäden homogen.

$M \times 2^{-1}$: Zellen meist zerstört (in inneren Zellen). Zytoplasma unabgelöst von Membran, homogen-vakuolig. Kern geschrumpft. Karyotin homogenisiert oder vakuolig. Chromosomen geschrumpft, miteinander verschmolzen. Nukleolus blass. Spindelfäden verschwunden.

$M \times 2^{-2}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma unabgelöst von Zellwand, gerinnselig oder vakuolig, oder auch arm filzig mit Bläschen. Karyotin homogen-vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen geschrumpft, miteinander zusammengedrückt. Spindelfäden nicht oder nur schwer bemerkbar. Zellplatten normal. Anaphase mit extranukleären Nukleolen.

$M \times 2^{-3}$: Zytoplasma wie oben. Karyotin vakuolig-netzig. Chromosomen häufig verdickt. Spindelfäden wie oben. Zellplatte auch unvollständig oder nicht ausgebildet. Alle Mitosenfiguren anomal: „tassement équatorial", Anaphasenbrücken. Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Zweikernige Zellen und Kernverschmelzung. Kernknospung. Prophase mit anastomosierten Spiremen.

$M \times 2^{-4}$: Chromosomen verunstaltet, verdickt, fragmentiert, miteinander zusam-

mengedrückt. Spindel- und Zellplattenbildung wie oben. ,, tassement équatorial ''. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Zweikernige Zellen und Kernfusion mitunter. Auch normale Meta- und Telophase. Anaphase immer abnorm und zwar nicht so häufig vorkommend. Vereinzelt Ana- und Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Sonst normal.

$M \times 2^{-5}$–2^{-7}: Neben normalen Figuren: Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase und Anaphase mit zerstreuten Chromosomen. Telophase und Anaphase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. ,, tassement équatorial ''. Metaphase mit anastomosierten oder fragmentierten Chromosomen. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. (Fig. 127–130). Spindelfäden und Zellplatten ganz normal. Sonst normal fixiert.

$M \times 2^{-8}$: Noch einige abnorme Mitosen, sonst normal.

$M \times 2^{-9}$, 2^{-10}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Ammoniumrhodanid wirkt auf Zytoplasma aufquellend, auf Karyotin auflösend (M) oder homogenisierend und vakuolisierend.

2. Minimale wirksame Konzentration liegt über $M \times 2^{-8}$ hinaus (vgl. Heffter '23 S. 817, 820).[1]

3. Irgend eine günstige Wirkung auf Zellteilung wird nicht festgestellt (vgl. Spek '19, '20, Höber '22 S. 627).

4. Mitosenanomalien finden sich bei $M \times 2^{-2}-2^{-7}$ in Menge vor, während Spindel- und Zellplattenbildung nur bei $M \times 2^{-2}-2^{-4}$ angegriffen werden können.

Wirkungen der Ameisensäure.

Stammlösung: 50% käufliche Ameisensäure (ca. 10.87 Mol).

50%: Alle Zellen fixiert. Färbung diffus. Kern ziemlich gut fixiert. Zytoplasma geschrumpft, dicht homogen-gerinnselig. Karyotin vakuolig oder netzig oder vakuolig-körnig. Chromosomen körnig. Nukleolus blass, meist hoffrei. Spindelfäden schwer oder nicht sichtbar. Zellplatte doppelkontouriert.

$\times 2^{-1}$: Alle Zellen fixiert. Färbung diffus. Kern ziemlich gut fixiert. Zytoplasma geschrumpft, dicht homogen-gerinnselig oder vakuolig-filzig. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen etwas geschrumpft, doppelstrukturiert. Telophasenchromosomen sehr vakuolisiert. Nukleolus blass. Spindelfäden schwach oder ziemlich deutlich. Zellplatten häufig doppelkontouriert.

$\times 2^{-2}$: Periphere Zellen etwa wie oben. Färbung noch blass. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig, oder gerinnselig-filzig. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen

1) Über die Wirksamkeit des NH_4SCN vgl. weiter Port ('25 S. 109).

doppelstrukturiert, geschrumpft, häufig miteinander verschmolzen. Nukleolus blass, häufig mit Vakuolen und Hof. Spindelfäden gut sichtbar.

× 2^{-3}, 2^{-4}: Zytoplasma fast ungeschrumpft, gerinnselig oder gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen doppelstrukturiert, geschrumpft, zerstreut, fragmentiert, häufig miteinander verklebend. Telophasenchromosomen deutlich vakuolig. Nukleolus blass, meist mit Hof. Spindelfäden und andere membranartige Strukturen deutlich. „tassement équatorial". Vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken.

× 2^{-5}–2^{-8}: Zytoplasma häufig von Zellwand abgelöst, gerinnselig oder gerinnselig-filzig mit Vakuolen, etwas homogenisiert. Karyotin häufig netzig-vakuolig. Sonst wie oben. Minimale Fixierungskonzentrationen.

× 2^{-9}–2^{-12}: Strukturzerstörende Konzentrationen. Zellen vereinzelt oder teilweise zerstört. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst. Karyotin mitunter netzig-vakuolig oder herausdiffundiert. Chromosomen und Nukleolus meist wie oben. Spindel häufig schwach fädig. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

× 2^{-13}–2^{-15}: Alle Zellen nachfixiert. Zytoplasma unabgelöst von Membran. Chromosomen und Spireme flockig oder körnig. Chromosomen häufig zerstreut, fragmentiert. Nukleolus färbbar. Spindelfäden und andere membranartige Strukturen ausgeprägt. Spindelfäden mitunter gebogen. Zellplattenbildung meist normal. „tassement équatorial". Anaphasen- und Telophasenbrücken. Vereinzelt zweikernige Zellen (bei 2^{-14}, 2^{-15} Figuren meist normal).

× 2^{-16}–2^{-17}: Vereinzelt auch Mitosenanomalien.

× 2^{-18}–2^{-20}: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Ameisensäure wirkt auf Karyotin vakuolisierend, auf Nukleolus färbbarkeitsvermindernd und auf Chromosomen und Zytoplasma häufig schrumpfend ein.

2. Minimale Fixierungskonzentration liegt bei 50% × 2^{-8}, also ungefähr 0.1%.

3. Mitosenanomalien sind bei 50% × 2^{-13} nicht selten anzutreffen, wobei Spindelfäden ausgeprägt erscheinen und Zellplattenbildung nur in vereinzelten Fällen gehemmt werden kann.

4. Minimale wirksame Konzentration fällt gerade auf 50% × 2^{-16} (vgl. Davenport ('08 S. 13), Kahlenberg u. True ('96), Czapek ('13 S. 203), Nakano ('16), Brenner ('17–'18) usw.).

5. Bei den Konzentrationen 50% × 2^{-9}–2^{-12} werden alle Zellstrukturen sehr leicht zerstört, ohne fixiert werden zu können.

Wirkungen der Essigsäure.

Stammlösung: Käufliche Eisessigsäure (als 100% gesetzt), ca. 16.6 Mol.

100%: Zytoplasma mehr oder minder geschrumpft, fein gerinnselig mit Vakuolen. Kern etwas gequollen. Karyotin fein netzig. Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar. Zellplatten normal.

$\times 2^{-1}$: Karyotin blass, netzig-körnig. Chromosomen doppelkontouriert. Nukleolus hoffrei, blass. Spindelfäden schwach angedeutet. Sonst wie oben.

$\times 2^{-2}$: Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen etwas gequollen, doppelkontouriert. Nukleolus etwas gequollen, blass hoffrei. Sonst wie oben.

$\times 2^{-3}$, 2^{-4}: Zytoplasma gerinnselig-filzig. Chromosomen und Nukleolus minder gequollen. Plasma minder geschrumpft. Sonst wie oben. Anaphasenbrücken.

Stammlösung: 1 Mol Essigsäure (ca. 6%).

M, $M \times 2^{-1}$: Fixierung ziemlich gut. Zytoplasma von Membran abgelöst, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Chromosomen etwas gequollen. Karyotin fein-netzig. Nukleolus blass. Kern verunstaltet. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatten normal. Sonst wie normal. (Fig. 131).

$M \times 2^{-2}$: Spindelfäden deutlich, sonst wie oben.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma geschrumpft. Spindelfäden sehr deutlich.

$M \times 2^{-4}$, 2^{-5}: Die meisten Zellen zerstört, sonst wie oben.

$M \times 2^{-6}$, 2^{-7}: Periphere einige Zellschichten zerstört, sonst ziemlich gut nachfixiert. Spindelfäden deutlich oder schwach angedeutet. Anaphasenbrücken. Zytoplasma filzig-vakuolig. Sonst normal. (Fig. 132).

$M \times 2^{-8}$, 2^{-9}: Alle Zellen fixiert. Anaphasen- und Telophasenbrücken häufig. Sonst normal.

$M \times 2^{-10}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Strukturbeeinflussung durch Essigsäure ist sehr geringfügig im Vergleiche mit der durch Ameisensäure. Dementsprechend ist Essigsäure als Zusatzmittel („Ansäurer" Fischers ('99)) zu einem Fixierungsgemische mehr geeignet als die letztere. (Vgl. Mann ('02 S. 73), Tellyesniczky ('98 S. 204, 232 ff.), Robyns ('24 S. 406) usw.)

2. Essigsäure wirkt auf Chromosomen quellend, auf Zytoplasma schrumpfend und auf Nukleolus färbbarkeitsvermindernd.

3. Minimale Fixierungskonzentration liegt bei $M \times 2^{-2}$, also ungefähr 1.5%.

4. Mitosenanomalien kommen dann und wann zwischen M–$M \times 2^{-8}$ vor, doch Zellplatten werden stets normal gebildet.

Wirkungen von Trichloressigsäure.

Stammlösung: 1 Mol wässrige Lösung von C Cl CO OH (ca. 16.34%).

M: Alle Zellen fixiert. Kernmembran deutlich. Zytoplasma von Membran abgelöst (peripher), gerinnselig-filzig. Spindelfäden deutlich. Anaphasenbrücken. Karyotin fein-netzig. Sonst normal.

$M \times 2^{-1}$: Alle Zellen gut fixiert. Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, gerinnselig-schwach-netzig. Spindelfäden deutlich. „tassement équatorial". Sonst normal.

$M \times 2^{-2}$-2^{-4}: Alle Zellen gut fixiert. Membranstrukturen deutlich. Sonst normal.

$M \times 2^{-5}$, 2^{-6}: Zellen vereinzelt zerstört oder geschrumpft. Periphere Zellen wie oben fixiert.

$M \times 2^{-7}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma etwas geschrumpft. Anaphasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-8}$, 2^{-9}: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma homogen-vakuolig. Auch Spindelfäden homogen oder schwach angedeutet. Zellplatte normal. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase mit etwas ungeordneten Chromosomen. Kern etwas verunstaltet.

$M \times 2^{-10}$: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin deutlich netzig. Spindelfäden schwach angedeutet. Chromosomen etwas ungeordnet. Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

$M \times 2^{-11}$, $M \times 2^{-12}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Der Wirkung nach weicht Trichloressigsäure weit von Essigsäure ab und steht den Mineralsäuren näher (siehe unten; auch Kahlenberg und True ('96), Clark ('99) usw.).

2. Trichloressigsäure stellt eines der vortrefflichsten Fixierungsmittel dar und zwar bei den Konzentrationen $M \times 2^{-1}$–2^{-4} (also ca. 1–8%; vgl. Mann ('02 S. 74), Hofker ('21)).

3. Sie wirkt auf Zytoplasma nicht schrumpfend und auf Karyotin nicht vakuolisierend.

4. Mitosenanomalien geschehen bei $M \times 2^{-7}$–2^{-10}; Spindel- und Zellplattenbildung werden jedoch nicht im geringsten geschädigt.

Wirkungen von Buttersäure.

Stammlösung: Käufliche Buttersäure (100%), ca. 11.37 Mol.

100%: Alle Zellen zerstört oder homogenisiert. Zytoplasma geschrumpft.

$\times 2^{-1}$–2^{-3}: Alle Zellen ziemlich fixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, dicht

gerinnselig. Karyotin netzig. Nukleolus braun, vakuolisiert, Spindelfäden deutlich. Färbung diffus.

$\times 2^{-4}$: Fixierung gut. Zytoplasma nicht geschrumpft. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Färbbarkeit diffus. Sonst wie oben.

$\times 2^{-5}$: Chromosomen verunstaltet, fragmentiert, verschmolzen. Spindelfäden deutlich. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Anaphase und Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Sonst fast normal. Periphere Zellen geschrumpft.

$\times 2^{-6}$: Zellen teilweise zerstört, geschrumpft.

$\times 2^{-7}$, 2^{-8}, 2^{-9}: Meiste Zellen geschrumpft, zerstört.

$\times 2^{-10}$: In der Peripherzone der Wurzel Zellen zerstört. Sonst nachfixiert. Zytoplasma nicht geschrumpft, homogen oder gerinnselig-filzig. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen etwas verunstaltet oder miteinander verschmolzen. Spindel ziemlich oder schwach fädig. Anaphasenbrücken.

$\times 2^{-11}$: Äussere Zellen teilweise zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, arm gerinnselig-filzig, Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen geschrumpft, verunstaltet oder miteinander verschmolzen. Nukleolus unregelmässiger Form, hoffrei. Spindelfäden deutlich. Zellplatten normal. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Tochteranlagen häufig nicht auseinandergewichen. Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. (Fig. 133).

$\times 2^{-12}$: Periphere Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit sehr ausgeprägten Bläschenstrukturen. Karyotin noch häufig netzig-vakuolig. Chromosomen gerinnselig, doppelstrukturiert, verunstaltet, fragmentiert, miteinander verschmolzen oder gebrückt, ungeordnet. Spindel meist deutlich faserig. Zellplatten selten ausgebildet. Metaphase sehr häufig. Anaphase selten. Telophasenbrücken. Metaphase mit anastomosierten, zerstreuten oder zusammengedrückten Chromosomen. Anaphasenbrücken. Zweikernige Zellen.

2^{-13}: Mitosen meist normal. Zellplatte normal. Sonst so gut wie normal.

$\times 2^{-14}$, 2^{-15}: Spindelfäden deutlich. Verbindungsfäden verkürzt. Seitlich oder zentripetal angelegte Zellplatten. Sonst normal.

$\times 2^{-16}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Buttersäure zeichnet sich durch die bedeutende Wirksamkeit aus (vgl. Kahlenberg und True ('96), Bokorny ('12b S. 193), Loeb ('09 S. 263), Nakano ('16) usw.).

2. Bei den Konzentrationen ($100\% \times 2^{-1}$–2^{-5}) wirkt sie auf Zellstrukturen fixierend, bei $100\% \times 2^{-6}$–2^{-11} zerstörend. Mitosenanomalien werden zwischen $100\% \times 2^{-4}$ und $100\% \times 2^{-13}$ häufig beobachtet.

3. Zytokinese wird nur bei verdünnten Lösungen etwas geschädigt ($100\% \times 2^{-12}$–2^{-15}).

4. Als Fixierungsmittel ist sie wegen ungemein breiterer Konzentrationszone der Strukturzerstörung kaum brauchbar.

Wirkungen von Oxalsäure.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von $(COOH)_2.2H_2O$ (ca. 12.6%).

M, $M \times 2^{-1}$: Alle Zellen ziemlich gut fixiert. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, dicht gerinnselig, mitunter mit Vakuolen. Chromatin und Chromosomen, Spindelfäden normal. Nukleolus blass, hoffrei. (Fig. 134).

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}, 2^{-5}$: Alle Zellen ziemlich gut fixiert. Zytoplasma etwas vakuolenreicher, gröber körnig. Sonst wie oben.

$M \times 2^{-6}$: Zellen meist zerstört, Spindelfäden schwach angedeutet, Zytoplasma etwas vakuolig, sonst normal.

$M \times 2^{-7}$: Periphere Zellen zerstört. Zytoplasma filzig, mit Bläschen. Karyotin schön netzig. Spindelfäden schwach angedeutet. Anaphasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-8}, 2^{-9}, 2^{-10}$: Alle Zellen gut nachfixiert. Anaphasen- und Telophasenbrücken, sonst normal. (Fig. 135).

$M \times 2^{-11}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Fixierungskonzentration liegt hier zwischen $M–M \times 2^{-5}$.

2. Mitosenanomalien sind bisweilen bei $M \times 2^{-7}–2^{-9}$ anzutreffen. Zytokinese wird aber niemals gehemmt.

3. Oxalsäure wirkt auf Zytoplasma häufig vakuolisierend (vgl. Klemm '95 S. 662 ff.).

4. Oxalsäure kann die Zellstrukturen ungleich besser fixieren als Bernsteinsäure; also stellt sie ein heftigeres Gift dar. (Vgl. Ciamician und Ravenna '20).

Wirkungen von Fumarsäure.

Stammlösung: Mol $\times$ $^1/_{10} \times 2^{-2}$ wässrige Lösung von $(CH.CO OH)_2$ (ca. 0.29%).

$^1/_{10} M \times 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig, Spindel schwach fädig. Chromosomen verunstaltet, zerstreut oder fragmentiert. Anaphasenbrücken. Sonst normal.

$^1/_{10} M \times 2^{-3}$: Zellen peripherer Teile der Wurzel teilweise zerstört. Sonst nachfixiert. Karyotin flockig. Nukleolus häufig blass, zuweilen verunstaltet. Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatte normal gebildet. Chromosomen etwas verunstaltet, häufig zerstreut oder fragmentiert, weiter miteinander gebrückt. Metaphase immer anomal. Frühere Anaphase selten. Anaphasenbrücken. Telophase normal.

$^1/_{10} M \times 2^{-4}$: Periphere Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma gerinnselig-schwachfilzig, häufig mit grossen Vakuolen. Karyotin körnig-flockig. Kern häufig

etwas entstellt. Nukleolus häufig blass. Spindelfäden schwach angedeutet, häufig gebogen. Zellplatte ganz normal. Chromosomen verunstaltet, sehr häufig zerstreut und fragmentiert, miteinander gebrückt. Alle Figuren anomal. ,, tassement équatorial ". Anaphasen- und Telophasenbrücken (Brückenzahl 2 bis 5), auch etwas abgeplattet. Metaphase mit anastomosierten Chromosomen. Telophase mit sehr unregelmässigen Tochteranlagen.

$^1/_{10}\,M \times 2^{-5}$: Periphere Zellen teilweise zerstört. Karyotin flockig. Spindelfäden normal, häufig auch gebogen. Zellplatte normal. Chromosomen wie oben. Spireme auch miteinander gebrückt oder stachelig. Neben normalen Figuren auch Telophasenbrücken, Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen &c. Sonst normal.

$^1/_{10}\,M \times 2^{-6}$: Meiste Zellen nachfixiert. Chromosomen stets etwas entstellt. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Auch abnorme Metaphase (wie oben). Normale Figuren häufiger.

$^1/_{10}\,M \times 2^{-7}, 2^{-8}, 2^{-9}$: Alle Zellen normal fixiert. Häufig Verbindungsfäden verkürzt und seitlich oder zentripetal angelegte Zellplatten. Chromosomen auch noch etwas verunstaltet. Vereinzelt fragmentiert, zerstreut, miteinander verschmolzen. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Sonst normal.

$^1/_{10}\,M \times 2^{-10}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Hier kommt die Fixierungskonzentration kaum in den Löslichkeitsbereich.

2. Mitosenanomalien verschiedener Arten kommen mehrfach hervor ($1/10\ M\times 2^{-2}$–$M/10\ \times 2^{-9}$), wobei die einzelnen Chromosomen leicht geneigt sind, sich zu zerstreuen oder fragmentieren.

3. Zytokinese bleibt niemals aus, obgleich sie bei verdünnten Lösungen ($M/10 \times 2^{-8}, 2^{-9}$) nicht selten etwas abnorm vonstatten geht.

4. Neben (H)-Ionenwirkung darf man hier mit Recht die Anionen- oder Molekularwirkung annehmen (vgl. Czapek ('11 S. 74), Kahlenberg und True ('96)).

Wirkungen von Bernsteinsäure.

Stammlösung: ¼ Mol wässerige Lösung von $(CH_2.COOH)_2$ (ca. ¼ × 11.8%).

$M \times 2^{-2}$: Alle Zellen sehr schlecht fixiert. Innere Zellen sterbend, äussere geschrumpft. Kern entstellt. Karyotin flockig-netzig. Nukleolus blass. Spindel normal.

$M \times 2^{-3}$: Innere Zellen teilweise zerstört. Sonst schlecht fixiert. Zytoplasma meist geschrumpft.

$M \times 2^{-4}$: Meiste Zellen zerstört. Äussere Zellen vereinzelt fixiert wie oben.

M × 2^{-5}: Meiste Zellen zerstört.

M × 2^{-6}: Peripher liegende Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma fast ungeschrumpft, gerinnselig-filzig. Kern häufig entstellt. Karyotin fein netzig-körnig. Chromosomen etwas verstreut, fragmentiert, doppelkontouriert, verunstaltet. Spireme häufig stachelig mit nukleolusähnlichen Körperchen. Nukleolus mitunter unregelmässiger Form, meist mit Hof. Spindelfäden mitunter schwach angedeutet. Zellplatte normal. Neben normalen Figuren, Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

M × 2^{-7}: Periphere Zellen vereinzelt zerstört, sonst fixiert fast wie normal. Chromosomen und Spireme etwa wie oben; Spindelfäden und Zellplatte ganz normal. Telophasenbrücken sehr häufig. Sonst Mitosen wie oben.

M × 2^{-8}: Periphere Zellen vereinzelt zerstört. Metaphasenchromosomen etwas wie oben. Anomale Mitosen etwas häufiger. Spindelfäden normal. Zellplattenbildung selten ausbleibend. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Vereinzelt zweikernige Zellen und Kernfusion.

M × 2^{-9}, 2^{-10}, 2^{-11}: Fixierung normal. Noch einige anomale Mitosen gefunden.

M × 2^{-12}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. In grossen Zügen wirkt Bernsteinsäure etwa ähnlich wie Fumarsäure, nur in geringerem Grade (vgl. Kahlenberg und True '96).

2. Mitosenanomalien treten bei M × 2^{-6}–2^{-8} häufig auf. Zytokinese wird aber dabei nur selten gehemmt.

3. Fixierungskonzentration scheint auch hier jenseits des Löslichkeitsbereiches zu liegen.

4. Bei den Konzentrationen M × 2^{-2}–M × 2^{-5} werden Zellstrukturen in den meisten Fällen zerstört.

Wirkungen von Äpfelsäure.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von CH(OH)CO OH (ca. 2 × 13.4%).



CH₂ CO OH

2M, *M*, *M* × 2^{-1}: Zytoplasma geschrumpft (innere Zellen abgerundet), dicht gerinnselig. In der Peripherie der Wurzel häufig Canaliculi-ähnliche Bilder. Kern etwas verunstaltet. Karyotin flockig, Chromosomen geschrumpft. Nukleolus gequollen, hoffrei, blass. Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar.

M × 2^{-2}: Innere Zellen teilweise zerstört, sonst wie oben. Zytoplasma meist von Membran abgelöst, in äusseren Zellen homogen-gerinnselig.

M × 2^{-3}: Wie oben fixiert. Zytoplasma gerinnselig, etwas filzig. Spindelfäden deutlich.

$M \times 2^{-4}, 2^{-5}$: Zellen meist zerstört. Nukleolus meist mit Hof. Spindelfäden normal. Metaphase mit zerstreuten Chromosomen.

$M \times 2^{-6}, 2^{-7}, 2^{-8}$: Zellen teilweise zerstört, sonst wie oben, normal fixiert. Mitosenanomalien nur vereinzelt gefunden.

$M \times 2^{-9}$: Zellen vereinzelt zerstört. Fixierung normal. Anomale Mitosen selten.

$M \times 2^{-10}$: Alle Zellen fixiert, so gut wie normal.

$M \times 2^{-11}$–2^{-14}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Im Vergleich mit Weinsäure (siehe unten) wirkt Äpfelsäure nur minder auffällig (vgl. Zumstein ('00 S. 174 ff.), Davenport ('08 S. 13), Kahlenberg und True ('96), Czapek ('11 S. 74), usw.).

2. Bei den Konzentrationen 2M–M $\times 2^{-3}$ fixiert sie Zellstrukturen sehr mangelhaft und bei M $\times 2^{-4}$–2^{-8} bringt sie nur Strukturzerstörung hervor (vgl. unten).

3. Mitosenanomalien werden nur in vereinzelten Fällen beobachtet.

4. Geringere Eindringbarkeit dieser Säure (und auch der Wein- und Zitronensäure) macht sich auch cytomorphologisch bemerkbar.

Wirkungen von Weinsäure.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von $(CH(OH).COOH)_2$ (ca. 30%).

2M, M, $M \times 2^{-1}$: Zytoplasma sehr geschrumpft, dicht gerinnselig oder filzig. In peripheren Zellen häufig Canaliculi-ähnliche Strukturen. Kern etwas entstellt. Karyotin körnig oder flockig, schwach netzig, in inneren Zellen ausgehöhlt. Chromosomen geschrumpft, häufig fragmentiert oder miteinander verschmolzen. Nukleolus blass, hoffrei, gequollen (?). Spindelfäden häufig nur schwach angedeutet. Zellplatte normal.

$M \times 2^{-2}$: Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig, in inneren Zellen häufig flockig-vakuolig. Kern häufig etwas entstellt. Karyotin etwas netziger. Chromosomen gerinnselig oder flockig, verunstaltet (geschrumpft ?), häufig doppelstrukturiert. Nukleolus blass, meist hoffrei. Spindelfäden und Zellplatten normal. Mitosen normal.

$M \times 2^{-3}, 2^{-4}$: Innere Zellen etwas homogenisiert. Zytoplasma wie oben. Kern auch häufig entstellt. Karyotin flockig, schwach netzig. Chromosomen verunstaltet, doppelstrukturiert, zuweilen fragmentiert. Nukleolus blass. Vereinzelt Anaphasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-5}, 2^{-6}$: Zellen teilweise zerstört. Fixierung schlechter. Zytoplasma geschrumpft. Chromosomen deutlich geschrumpft, doppelstrukturiert. Nukleolus häufig blass. Anaphasenbrücken, sonst normal.

$M \times 2^{-7}$: Zellen meist zerstört.

$M \times 2^{-8}$: Zellen teilweise (in der Peripherie der Wurzel) zerstört. Innere Zellen

nachfixiert. Chromosomen gerinnselig, Spireme häufig stachelig. Chromosomen etwas verunstaltet, fragmentiert oder miteinander verschmolzen. Spindelfäden etwas geschwächt. Zellplatte normal (?). Keine normale Meta- und Anaphase. Metaphase meistens mit zerstreuten Chromosomen. Anaphase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Sonst normal.

$M \times 2^{-9}, 2^{-10}$: Periphere Zellen vereinzelt zerstört. Chromosomen häufig wie oben. Spireme stachelig mit nukleolusartigen Körperchen. Nukleolus noch häufig blass. Spindelfäden und Zellplatte normal. Neben normalen Figuren, Metaphase mit zerstreuten Chromosomen. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

$M \times 2^{-11}$: Vereinzelt Telophasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-12}$–2^{-15}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Der Wirkung nach nimmt Weinsäure die Übergangsstelle zwischen Äpfel- und Zitronensäure ein (vgl. Pfeffer ('86 S. 241), Loew ('92 S. 379), Zumstein ('00 S. 174 ff.), Davenport ('08 S. 13), Kahlenberg und True ('96), Czapek ('11 S. 74) usw.).

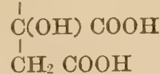
2. Zellen werden bei den Konzentrationen $2M$–$M \times 2^{-4}$ mehr oder minder fixiert.

3. Die strukturzerstörende Wirkung zeigt sich maximal bei $M \times 2^{-7}$.

4. Mitosenanomalien können bei $M \times 2^{-8}$–$M \times 2^{-10}$ häufig beobachtet werden. Zytokinese wird wie durch andere mehrbasische Oxysäuren kaum beeinflusst.

Wirkungen von Zitronensaure.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von CH_2 COOH (ca. 21%).



$M, M \times 2^{-1}$: Zytoplasma geschrumpft, dicht gerinnselig, häufig mit Vakuolen. Karyotin vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen etwas geschrumpft. Nukleolus blass! Spindelfäden normal oder nur schwach. Zellplatten normal.

$M \times 2^{-2}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, gerinnselig mit Vakuolen. Kern häufig entstellt. Karyotin flockig-netzig. Chromosomen etwas geschrumpft, auch verschmolzen. Nukleolus hoffrei, blass. Spindelfäden vereinzelt schwach angedeutet.

$M \times 2^{-3}$: Innere Zellen teilweise zerstört, äussere wie oben fixiert.

$M \times 2^{-4}$: Mehr Zellen zerstört. In der Peripherie der Wurzel teilweise wie oben.

$M \times 2^{-5}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma meist von Zellmembran abgelöst,

gerinnselig, häufig mit Vakuolen. Karyotin deutlich körnig oder auch schwach filzig. Chromosomen und Spireme etwas geschrumpft, körnig-flockig, doppelstrukturiert (etwas herausdiffundiert ?); Längsspaltung deutlich, häufig fragmentiert oder miteinander verschmolzen. Nukleolus blass. Spindelfäden meist schwach angedeutet. Zellplatte normal. Metaphase mit etwas ungeordneten oder zusammengedrückten Chromosomen. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-6}$: Meiste Zellen zerstört.

$M \times 2^{-7}$: Meiste Zellen zerstört. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-8}, 2^{-9}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma, Karyotin, Nukleolus, Spindelfäden, Zellplatten normal. Chromosomen und Spireme häufig zickzack konturiert, etwas verunstaltet, Chromosomen häufig fragmentiert, miteinander verschmolzen oder gebrückt, zerstreut, eingeschnürt. Neben normalen Figuren, vereinzelt Anaphasenbrücken und Telophasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

$M \times 2^{-10}$: Zellen nur vereinzelt zerstört, sonst fixiert wie oben. Spireme und Chromosomen auch häufig wie oben. Spindelfäden deutlich, häufig gebogen oder verlegt (Fig. 136). Zellplatte mitunter seitlich angelegt. Neben normalen Figuren, Prophase mit nukleolusähnlichen Körperchen (Spiremstadium). Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase mit abnorm entfernten Tochteranlagen, Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen, tripolige Anaphase usw.

$M \times 2^{-11}$: Alle Zellen fixiert, so gut wie normal. Chromosomen meist normal, vereinzelt etwas verunstaltet, fragmentiert. Verbindungsfäden mitunter verkürzt, Spindelfäden gebogen, deutlich sichtbar.

$M \times 2^{-12}$: So gut wie normal.

$M \times 2^{-13}$–2^{-15}: Völlig normal.

Zusammenfassung.

1. Der Wirkung nach schliesst sich Zitronensäure am nächsten an Weinsäure an. In mancher Hinsicht wirkt sie aber etwas stärker als die letztere, was scheinbar mit Angaben, wie Pfeffer ('86 S. 261 usw.), Kahlenberg und True ('96), Zumstein ('00 S. 174 ff.), Koster ('21 S. 696 ff.) usw. sie machen, im Widerspruch steht.[1]

2. Mitosenanomalien finden bei $M \times 2^{-5}$–2^{-10} mit verschiedener Häufigkeit statt, während Zytokinese niemals ausbleiben kann.

3. Fixierende Konzentration wurde bei $M \times 2^{-1}$–$M \times 2^{-2}$ gefunden.

4. Alle geprüften organischen mehrbasischen Oxysäuren sind dadurch ausgezeichnet, dass

(1) sie nur langsam in die Zellen einzudringen scheinen (siehe Loeb ('09 S. 260 ff.), Brenner ('17–'18, '20) usw.).

(2) sie im allgemeinen Karyotin nur körnig oder flockig, nicht aber netzig fällen können.

(3) ihnen sehr breite Zonen der Strukturzerstörung zukommen.

---

1) Siehe auch Czapek ('13 S. 176).

Wirkungen von Pikrinsäure.

Stammlösung: wässrige gesättigte Lösung von Pikrinsäure (ca. 1% oder 0.044 Mol).

Stammlösung: Zellen vereinzelt geschrumpft, zerstört. Sonst fixiert. Zytoplasma fein gerinnselig, körnig, mitunter grob netzig oder vakuolig. Chromatin fein netzig. Chromosomen geschrumpft, miteinander verschmolzen, sehr verunstaltet. Anaphasenbrücken. „tassement équatorial". Spindelfäden schwach angedeutet. Zellplatten normal aber etwas vergröbert. (Fig. 137).

× 2^{-1}: Fixierung fast wie oben. Zytoplasma häufig vakuolig.

× 2^{-2}: Einige Zellen zerstört. Spindelfäden unsichtbar. Zellplatten normal. Zytoplasma von Membran abgelöst, grob vakuolig. Anaphase und Telophase mit zusammengedrückten Tochteranlagen. Anaphasenbrücken. Chromosomen verunstaltet, verschmolzen usw. (Fig. 138).

× 2^{-3}, 2^{-4}: Periphere Zellen zerstört. Sonst ziemlich nachfixiert. Zytoplasma von Membran nicht abgelöst, körnig-filzig. Karyotin fein netzig. Chromosomen verunstaltet, doppelstrukturiert. Spindelfäden nicht oder nur schwer nachweisbar. Zellplatte normal oder auch seitlich angelegt. Neben normalen Figuren, Anaphasen- und Telophasenbrücken. Telophase mit entstellten Tochteranlagen. „tassement équatorial." (Fig. 139–141).

× 2^{-5}: Alle Zellen gut fixiert. Spindelfäden noch schwach bleibend. Prophase mit hellem Hof. Anaphasen- und Telophasenbrücken. „tassement équatorial" mit oder ohne Hof. Amöboide Kerne. Sonst normal.

× 2^{-6}: Telophasen- und Anaphasenbrücken. Tochteranlagen häufig unregelmässiger Form. Sonst normal fixiert.

× 2^{-7}, 2^{-8}, 2^{-9}: Anaphasen- und Telophasenbrücken. Spiremstadium mit Hof. Sonst normal.

× 2^{-10}, 2^{-11}, 2^{-12}: Vereinzelt Mitosenanomalien.

× 2^{-13}, 2^{-14}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Pikrinsäure wirkt sehr absonderlich. Hier wird von der Säurewirkung nichts bemerkbar (vgl. Lepeschkin ('24 S. 193) usw.).

2. Die vakuolisierende Wirkung der Pikrinsäure auf Zytoplasma und einigermassen auch auf Karyotin ist unverkennbar nachzuweisen.

3. Karyokinese wird tief angegriffen, während Zytokinese meistens normal verlaufen kann (bei 1%–2^{-7} oder noch weiter).

4. Als Fixierungsmittel kommt die Pikrinsäure allein kaum zur Verwendung. Chromosomen werden stets dadurch mehr oder minder geschrumpft, miteinander verklebt oder sonst verunstaltet. Spindelfäden sehr undeutlich oder ganz vernichtet (1%–2^{-5}). Vgl. de Vries ('85 S. 513), Němec ('99 S. 315), Wasielewski ('99), Tellyesniczky ('98 S. 224), Mann ('02 S. 4 ff.), Stoeltzner ('06) usw.

Wirkungen von Salizylsäure.

Stammlösung: $^1/_{200}$ Mol wässerige Lösung von Salizylsäure (ca. 0.069 %).

$^M/_{100} \times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört, geschrumpft. Zytoplasma meist von Membran abgelöst, gerinnselig-vakuolig. Karyotin netzig-vakuolig, ausgehöhlt (in inneren Zellen). Nukleolus geschrumpft. Spindelfäden schwach oder gerinnselig. Zellplatten normal oder mitunter undeutlich. Chromosomen stets geschrumpft, miteinander verklebt oder zusammengedrückt.

$^M/_{100} \times 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört, geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig-filzig, mitunter vakuolig. Kern häufig unregelmässiger Form. Karyotin in inneren Zellen netzig-vakuolig, mitunter ausgehöhlt. Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar. Zellplatte auch meist nicht gebildet. Chromosomen stets klumpig, häufig fragmentiert, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt. ,, tassement équatorial ''. Anaphasenbrücken.

$^M/_{100} \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört, geschrumpft. Zytoplasma meist ungeschrumpft, gerinnselig-filzig mit Bläschen. Karyotin flockig-netzig oder mit grossen Vakuolen. Spindelfäden deutlich, häufig gebogen, verlegt, vereinzelt schwach angedeutet. Zellplatte normal, vereinzelt unsichtbar. Chromosomen wie oben. Spireme und Telophasenchromosomen häufig vakuolisiert. Metaphase mit zusammengedrückten oder anastomosierten Chromosomen. Anaphasenbrücken. Telophase mit etwas gedrehten Tochteranlagen.

$^M/_{100} \times 2^{-4}$: Alle Zellen fixiert. Kern mitunter auch entstellt. Spindelfäden deutlich. Zellplatte mitunter unsichtbar. Zweikernige Zellen. Chromosomen etwa wie oben. Normale Figuren häufig. Anaphasenbrücken, Anaphase mit zerstreuten Chromosomen, Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

$^M/_{100} \times 2^{-5}$: Fixierung fast normal. Kern zuweilen etwas verunstaltet. Spindelfäden und Zellplatte immer normal. Chromosomen noch etwas anomal. Telophasenbrücken häufig. Anaphase und Telophase mit zusammengedrückten oder unregelmässigen Tochteranlagen. Anaphase mit zerstreuten oder verspreizten Chromosomen. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

$^M/_{100} \times 2^{-6}$: Spireme und Chromosomen vereinzelt noch wie oben. Anaphasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

Zusammenfassung.

1. Salizylsäure vertritt eines der wirksamsten Agenzien (vgl. Kahlenberg und True ('96), Czapek ('13 S. 205, 206), Brenner ('17–'18), Heffter ('23 S. 982, 984) usw.).

2. Karyokinesen werden dadurch gründlich angegriffen ($M/100 \times 2^{-1}$–2^{-5}) und Spindelfäden ($M/100 \times 2^{-1}$–2^{-2}) und Zellplattenbildung ($M/100 \times 2^{-1}$–2^{-4}) können nicht selten beeinflusst werden.

3. Karyotin erfährt eine deutliche Vakuolisierung ($M/100 \times 2^{-1}$–2^{-3}).

4. Die Wirksamkeit der Salizylsäure geht selbst über $M/100 \times 2^{-6}$.
5. Chromosomen fallen einer merklichen Verunstaltung anheim.

Wirkungen von Gallussäure.

Stammlösung: gesättigte wässerige Lösung (bei 15°C) von Gallussäure (ca. 1.2% = 1/200 Mol).

Gesätt.: Periphere Zellen zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma meist nicht von Zellwand abgelöst, gerinnselig oder filzig-vakuolig mit deutlichen Bläschen. Karyotin netzig, Kern häufig entstellt. Nukleolus häufig vakuolig, blass. Spindelfäden deutlich, Zellplatte aber undeutlich. Chromosomen häufig mit Aussenhüllen und hellem Hof; etwas verunstaltet, verdickt, miteinander gebrückt, zusammengedrückt oder verschmolzen, fragmentiert. Metaphase und Telophase häufig normal, frühere Anaphase selten. Metaphase mit zusammengedrückten, anastomosierten oder ungeordneten Chromosomen. Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Anaphase mit gedrehten Tochteranlagen (Fig. 142).

$\times 2^{-1}$: Zellen vereinzelt zerstört. Spindelfäden deutlich, auch abnorm geradlinig, Verbindungsfäden verkürzt. Zellplatten normal, mitunter zentripetal, seitlich oder gebogen angelegt (Fig. 143). Chromosomen wie oben, weiter klumpig, zerstreut. Neben normalen Figuren: Telophasenbrücken, Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Sonst normal.

$\times 2^{-2}$: Zellen vereinzelt zerstört. Kern mitunter unregelmässig. Spindelfäden und Zellplatten im allgemeinen normal. Chromosomen noch fragmentiert, sehr gekrümmt usw. Spireme mitunter stachelig. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase mit gedrehten Tochteranlagen. „tassement équatorial“ mit Hof. Spindelfäden mitunter gebogen. Sonst normal.

$\times 2^{-3}$–2^{-5}: Vereinzelt Verbindungsfäden kurz und lokal, Zellplatten seitlich angelegt. Chromosomen noch anomal etwa wie oben. Anaphasenbrücken. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Metaphase mit extranukleären Nukleolen. Sonst so gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Die beträchtliche Wirksamkeit der Gallussäure (vgl. Kahlenberg und True ('96), Czapek ('13 S. 206) usw.) scheint auf die leichte Permeabilität des Protoplasmas für die letztere hinzudeuten (siehe Brenner ('17–'18)).

2. Eine Mehrzahl von Mitosenmodifikationen kommen bei den Konzentrationen (gesätt.–$\times 2^{-5}$) zum Vorschein.

3. Achromatische Fäden sind stets deutlich nachweisbar, während Zellplattenbildung häufig ausbleibt (gesätt.) oder etwas geschädigt wird ($\times 2^{-1}$–2^{-5}).

Wirkungen von Natriumformiat.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von $H\ CO_2\ Na$ (ca. $2 \times 6.8\%$).

2M: Zellen meist, besonders im Inneren zerstört. Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig-vakuolig. Karyotin homogen mit grossen Vakuolen, ausgehöhlt. Kern sehr geschrumpft. Chromosomen geschrumpft, verschmolzen. Nukleolus gelöst, unter Quellung. Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar.

M: Innere Zellen zerstört. Zytoplasma geschrumpft. Kern sehr gequollen, unregelmässig. Karyotin sehr ausgehöhlt, Chromosomen geschrumpft oder ihre Substanz herausdiffundiert, netzig-vakuolig. Auch Spirem sehr geschrumpft, netzig. Nukleolus quellend gelöst. Spindelfäden unsichtbar. (Fig. 144).

$M \times 2^{-1}$: Zellen meist zerstört. Zytoplasma homogen-gerinnselig-vakuolig. Kern verunstaltet. Karyotin flockig oder grob netzig, häufig ausgehöhlt. Nukleolus teilweise gelöst.

$M \times 2^{-2}$: Zellen vereinzelt zerstört, teilweise absterbend. Zytoplasma meist von Membran abgelöst, gerinnselig-filzig-vakuolig mit Bläschen. Kern häufig unregelmässig. Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen geschrumpft, klumpig, miteinander zusammengedrückt. Spindelfäden deutlich oder filzig, häufig gebogen. Zellplatten nicht oder unvollständig gebildet. ,,tassement équatorial" mit Hof. Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen sehr häufig.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört. Innere Zellen etwas absterbend. Fixierung normal. Kern häufig unregelmässig. Im Inneren, Karyotin netzig-vakuolig. Chromosomen wie oben, weiter gebrückt. Spindelfäden sehr deutlich. Zellplatte nicht oder schwer sichtbar. Anaphasen- und Telophasenbrücken, zweikernige Zellen. Normale Mitosen selten.

$M \times 2^{-4}$: Zellen vereinzelt zerstört. In inneren Zellen Karyotin netzig-vakuolig, ausgehöhlt. Chromosomen noch etwas verunstaltet. Spindelfäden deutlich, zuweilen gebogen. Zellplattenbildung normal oder mitunter seitlich angelegt. Mitosen meist normal. Anaphase mit entfernten Tochteranlagen. Sonst normal fixiert.

$M \times 2^{-5}$: Chromosomen noch mitunter anomal. Spindelbildung und Zellplattenbildung normal. Weiter hier und da seitlich angelegte Zellplatten und verkürzte Verbindungsfäden. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-6}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den Konzentrationen ($2M–M \times 2^{-1}$) wirkt ameisensaures Natrium auf Karyotin und Chromosomensubstanz exosmierend (extrahierend), auf Nukleolus verquellend (auflösend) ein (vgl. Ameisensäure).

2. Karyotin zeigt sich deutlich vakuolisiert und ausgehöhlt ($2M–M \times 2^{-2}$).

3. Mitosenabarten wurden häufig gefunden ($M \times 2^{-2}$–2^{-5}). Auch Zytokinese wird ganz unterdrückt ($M \times 2^{-2}$–2^{-3}) oder etwas modifiziert ($M \times 2^{-4}$–2^{-5}).

4. Hier scheint der von Aso ('06–'08) aufgestellte Satz völlig zu gelten, dass Formiat (und auch Azetat—siehe unten) über 0.5% für Phanerogamen deutlich giftig ist. (vgl. auch NAKANO '16).

WIRKUNGEN VON NATRIUMAZETAT.

Stammlösung: 2 Mol wässerige Lösung von $Na\,C_2\,H_3\,O_2.\,3H_2O$ (ca. $2 \times 8.2\%$).

2M: Zellen meist zerstört, innere Zellen etwas fixiert. Zytoplasma von Zellwand abgelöst, gerinnselig-vakuolig. Karyotin flockig-vakuolig. Kern geschrumpft. Chromosomen miteinander zusammengedrückt. Spindelfäden nur schwach angedeutet.

M, $M \times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma meist wie oben. Kern häufig geschrumpft. Karyotin vakuolig-netzig, häufig ausgehöhlt. Chromosomen geschrumpft und zusammengedrückt. Spindelfäden schwach.

$M \times 2^{-2}$, 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma homogen-gerinnselig, filzig mit Bläschen. Karyotin netzig-vakuolig, in inneren Zellen ausgehöhlt. Chromosomen verunstaltet, klumpig, ungeordnet, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt. Spindelfäden ziemlich oder gut ausgedrückt, häufig verlegt oder verschwunden. Zellplatte nicht oder undeutlich sichtbar. ,,tassement équatorial". Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Anaphasenbrücken und Telophasenbrücken. Metaphase immer anomal. Keine frühere Anaphase. Metaphase mit zerstreuten oder anastomosierten Chromosomen. Anaphase mit zerstreuten oder sehr auseinandergewichenen Chromosomen. Zweikernige Zellen und Kernfusion. (Fig. 145, 146).

$M \times 2^{-4}$, 2^{-5}: Alle Zellen fast wie normal fixiert. Spindelfäden stets deutlich, mitunter gebogen. Zellplatte meist normal, vereinzelt degeneriert oder seitlich angelegt. Neben zahlreichen normalen Mitosen: Anaphasen- und Telophasenbrücken. Metaphase wie oben, häufig Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Karyomerenbildung. Zweikernige Zellen. Chromosomen noch etwas verunstaltet, zerstreut, fragmentiert, miteinander verschmolzen usw.

$M \times 2^{-6}$: Fixierung fast normal. Metaphase mitunter etwas anomal. Zweikernige Zellen, Karyomerenbildung. Sonst normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Abgesehen von der nukleolusauflösenden Wirkung von Na-Formiat, steht die Wirkung des essigsauren Natriums der des Na-Formiats sehr nahe.

2. Mitosenanomalien werden in Menge gefunden ($M \times 2^{-2}$–2^{-6}). Nicht selten verhält sich auch Zytokinese anomal, während Spindelbildung nicht so häufig gehemmt wird.

3. Der Wirkung nach hat Na-Azetat mit Essigsäure nichts gemeinsames. Ähnliches kann auch für Ameisensäure und Oxalsäure und ihre Salze gelten, soweit unsere Versuche in Betracht kommen.

Wirkungen von Ammoniumoxalat.

Stammlösung: $M \times 2^{-2}$ wässerige Lösung von $C_2O_4(NH_4)_2 . H_2O$ (ca. 3.1%).

$M \times 2^{-2}$: Meiste Zellen zerstört, homogenisiert. Zytoplasma homogen-vakuolig, von Zellwand abgelöst. Karyotin herausdiffundiert oder teilweise gelöst mit flockigen Resten. Kern häufig geschrumpft. Karyotin mitunter vakuolig-netzig. Nukleolus geschrumpft, auch vakuolig.

$M \times 2^{-3}$: Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschen oder homogen-vakuolig mit Körnchen. Karyotin netzig-vakuolig. Spindelfäden schwach oder deutlich sichtbar. Zellplatte meist normal. Chromosomen immer verunstaltet, klumpig, verstreut, ungeordnet, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt. Metaphase meist anomal. Anaphasenbrücken. Anaphase mit unregelmässigen oder zusammengedrückten Tochteranlagen. (Fig. 147, 148).

$M \times 2^{-4}$, 2^{-5}: Zellen vereinzelt zerstört. Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Vakuolen. Karyotin flockig-netzig oder netzig-vakuolig. Kern häufig entstellt. Spindelfäden ziemlich deutlich, Zellplatte meist normal. Chromosomen wie oben. Metaphase meist anomal. Neben normaler Telophase und Anaphase: Anaphasenbrücken. Anaphase mit zerstreuten, verspreizten und nicht auseinandergehenden Chromosomen. Zweikernige Zellen. Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen.

$M \times 2^{-6}$, 2^{-7}: Alle Zellen fast wie normal fixiert. Kern mitunter auch etwas unregelmässig. Spindelfäden und Zellplatte normal. Auch seitlich angelegte Zellplatten. Chromosomen noch wie oben. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Normale Figuren häufig.

$M \times 2^{-8}$, 2^{-9}: Metaphase mitunter etwas anomal. Spindelfäden vereinzelt gebogen. Anaphasenbrücken. Sonst normal.

$M \times 2^{-10}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Oxalsaures Ammonium wirkt bei den Konzentrationen $M \times 2^{-3}$–2^{-9} auf Karyokinese anscheinend schädlich ein.

2. Ruhende Kerne werden auch häufig mehr oder minder geschrumpft ($M \times 2^{-2}$–2^{-7}) (vgl. Loew ('92 S. 374, '05, '06–'08 S. 7), Aso ('06–'08) usw.).

3. Zytokinese und Spindelbildung werden indessen nicht so tief angegriffen, sondern meist normal vorgeführt.

Wirkungen von Natriumsalizylat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von salizylsaurem Natrium (ca. 16%).

M, $M \times 2^{-1}$: Zellen sehr geschrumpft, Zytoplasma homogen-dichtgerinnselig mit Vakuolen. Nukleolus verunstaltet. Karyotin und Chromosomen teilweise gelöst mit flockigen Resten. Kern unregelmässig.

$M \times 2^{-2}$: Periphere Zellen wie oben, innere meist nicht geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig-körnig, Kern geschrumpft mit Hof. Karyotin homogen-netzig-vakuolig. Nukleolus geschrumpft, Spindelfigur homogenisiert. Chromosomen geschrumpft, zusammengedrückt.

$M \times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört, Sonst fixiert. Periphere Zellen geschrumpft, innere nicht. Zytoplasma gerinnselig-körnig. Kern geschrumpft. Karyotin sehr ausgehöhlt, vakuolig. Nukleolus verunstaltet, häufig geschrumpft, Spindelfäden unsichtbar. Zellplatte normal. Chromosomen wie oben.

$M \times 2^{-4}$: Alle Zellen fixiert. Zytoplasma meist unabgelöst. Kern, Karyotin, Nukleolus wie oben. Spindelfäden schwach oder nicht angedeutet. Zellplatte nicht oder nur unvollständig gebildet. Chromosomen wie oben. Kern und Chromosomenhaufe mit Hof. Vereinzelt Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-5}/2^{-6}$: Zytoplasma noch etwas homogenisiert. Karyotin vakuolig-netzig, häufig ausgehöhlt, mitunter Kernhof. Nukleolus, Spindelfäden und Zellplatten wie oben. Chromosomen noch etwas geschrumpft, klumpig, miteinander gebrückt, verschmolzen oder zusammengedrückt. „tassement équatorial" mit Hof. Anaphase mit unregelmässige Tochteranlagen. Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-7}$: Spindelfäden deutlich, häufig geradlinig oder gebogen. Zellplatten normal, mitunter unsichtbar. Chromosomen immer verunstaltet, klumpig, fragmentiert, zerstreut, miteinander verschmolzen, gebrückt oder zusammengedrükt. Neben normalen Figuren: Anaphasenbrücke. Anaphase mit unregelmässigen oder nicht auseinandergehenden Tochteranlagen.

$M \times 2^{-8}$: Kern mitunter unregelmässig, sogar amöboid. Spindelfäden mitunter verlegt, gebogen, geradlinig. Zellplatten vereinzelt seitlich angelegt. Chromosomen noch etwas wie oben. Zellplatten auch degeneriert. Zweikernige Zellen nicht selten. Obengenannte Mitosenanomalien noch häufig.

Zusammenfassung.

1. Salizylsaures Natrium erweist sich nicht minder wirksam als Salizylsäure.

2. Es wirkt auf Karyotin vakuolisierend, aushöhlend oder sogar auflösend (M–$M \times 2^{-1}$), auf Chromosomen schrumpfend und zusammen-

drückend, Nukleolus schrumpfend, Zytoplasma und Spindelfiguren homogenisierend.

3. Kern und Chromosomenhaufe werden häufig mit hellem Hof umgeben gefunden.

4. Zytokinese und Spindelfäden werden auch häufig beeinflusst.

5. Strukturzerstörende Wirkung erscheint hier sehr geringfügig ($M \times 2^{-3}$, 2^{-4}).

6. Minimale tötliche Konzentration liegt jedoch ungleich (um 100 Mal) höher, nämlich bei $M \times 2^{-3}$ ($M/8$), als die der freien Salizylsäure ($M \times 1/100 \times 2^{-3}$ oder $M/800$).

Wirkungen von Methylalkohol.

Stammlösung: käuflicher Methylalkohol (als 100% gesetzt), ca. 31.25 Mol.

100%: Periphere Zellen meist zerstört, innere teilweise fixiert. Zytoplasma homogen-gerinnselig, fast ungeschrumpft. Karyotin fein gerinnselig mit Karyosomen. Chromosomen körnig, geschrumpft. Spindelfäden schwach angedeutet.

$\times 2^{-1}$: Periphere Zellen geschrumpft, zerstört, sonst fixiert. Zytoplasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Karyotin und Chromosomen gerinnselig. Nukleolus hoffrei. Spindelfäden ziemlich deutlich.

$\times 2^{-2}$: Alle Zellen fixiert, Färbung diffus. Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig, Karyotin gerinnselig oder homogen-gerinnselig, mitunter mit Karyosomen. Chromosomen körnig oder gerinnselig, etwas geschrumpft, verunstaltet, miteinander verschmolzen oder zusammengedrängt. Nukleolus hoffrei, häufig unregelmässig, sogar amöboid. Spindelfäden undeutlich. (Fig. 149).

$\times 2^{-3}$, 2^{-4}: Zellen vereinzelt zerstört. Periphere Zellen nicht geschrumpft. Zytoplasma gerinnselig oder filzig mit Bläschen. Karyotin gerinnselig-körnig, vereinzelt mit Karyosomen. Chromosomen wie oben. Spindelfäden deutlich. Zellplatte normal. Spireme und Telophasenchromosomen häufig gerinnselig-vakuolig. Anaphasenbrücken häufig, Anaphase und Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Sehr abgeplattete Anaphase. Unregelmässige Tochteranlagen. Karyomerenbildung. Tripolige Mitosen. (Fig. 150–155).

$\times 2^{-5}$: Alle Zellen gut fixiert. Chromosomen noch etwas verunstaltet. Telophasenbrücken häufig. Sonst normal. (Fig. 156).

$\times 2^{-6}$: Vereinzelt Telophasenbrücken.

$\times 2^{-7}$-2^{-9}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Die fixierende Wirkung von Methylalkohol ist sehr mangelhaft (100%–25%). Er wirkt auf Zytoplasma etwas homogenisierend,

Karyotin etwas ausziehend, Chromosomen schrumpfend und Nukleolus entstellend.

2. Mitosenanomalien werden bei den Konzentrationen (100% × 2^{-3}–2^{-5}) häufig gefunden (vgl. Mainx ('24), Kornfeld ('25) usw.).

3. Im Gegensatz zu der Angabe Mainx' ('24) wird die Spindelbildung sowie Zellplattenbildung durch Methylalkohol nicht im geringsten geschädigt.

4. Minimale wirksame Konzentration liegt hier bei 100% × 2^{-6} oder 1.56% (ca. 0.49 Mol). Vgl. Czapek ('11 S. 15, 21), Macht ('22), Mainx ('24).

Wirkungen von Äthylalkohol.

Stammlösung: käuflicher absoluter Alkohol (als 100% gesetzt, also etwa 21.7 Mol).

100%: Zellen meist zerstört, geschrumpft. Innere Zellen gut fixiert. Karyotin arm-gerinnselig oder flockig; Chromosomen gerinnselig. Spindelfäden ziemlich deutlich.

× 2^{-1}: Zellen vereinzelt zerstört; Zytoplasma homogen-gerinnselig mit Vakuolen, von Zellwand abgelöst; Karyotin körnig-gerinnselig; Chromosomen gerinnselig oder körnig, etwas geschrumpft; Nukleolus hoffrei; sonst normal. (Fig. 157).

× 2^{-2}: Zellen teilweise fixiert, sonst zerstört; Fixierungsbilder ganz wie oben.

× 2^{-3}: Zellen vereinzelt zerstört, geschrumpft, sonst nachfixiert; Zytoplasma nicht geschrumpft, gerinnselig oder etwas filzig. Kern häufig unregelmässig; Karyotin gerinnselig-netzig oder flockig-netzig, mitunter herausdiffundiert; Chromosomen etwas verunstaltet, gerinnselig; Nukleolus hoffrei; Spindelfäden ziemlich deutlich; Zellplatte normal; Mitosenanomalien häufig, Metaphase mit ungeordneten, fragmentierten, miteinander verschmolzenen oder zusammengedrückten Chromosomen. Anaphasenbrücken. (Fig. 158).

× 2^{-4}: Innere Zellen geschrumpft, zerstört, sonst wie oben.

× 2^{-5}: Minder anomal. Anaphasenbrücken. Metaphase mit verspreizten Chromosomen. Diakinese-ähnliche Figuren, usw. (Fig. 159).

× 2^{-6}: Innere Zellen von Membran abgelöst, sterbend. Sonst wie oben. (Fig. 160).

× 2^{-7}– × 2^{-9}: Vereinzelt zerstörte Zellen. Sonst normal.

Zusammenfassung.

1. Äthylalkohol wirkt im wesentlichen auf gleiche Weise wie Methylalkohol, aber merklich intensiver (vgl. Tsukamoto ('95), Czapek ('11 S. 15, 22–23; '13 S. 198, 201), Medes ('20), Mainx ('24) usw.).

2. Fixierende Wirkung des Alkohols erweist sich sehr mangelhaft und etwa bei 75% optimal (vgl. Kardasewitsch '25).

3. Bei den Konzentrationen $100\% \times 2^{-3}$–2^{-5} werden anomale Karyokinesen mehrfach beobachtet, während Zytokinese mitsamt Spindelbildung niemals in Wegfall kommt. Unsere Ergebnisse über die Beeinflussung der Zellteilung sind etwas abweichend von denen von WASIELEWSKI ('04) und MAINX ('24). Vgl. weiter KORNFELD ('25 S. 489).

4. Fixierungsbilder durch Methyl- und Äthylalkohol zeichnen sich dadurch aus, dass

(1) Das Karyotin und Chromosomen stets etwas substanzarm aussehen, indem das erstere körnig oder gerinnselig, aber niemals netzig, und die letzteren geschrumpft und körnig-flockig fixiert zu werden pflegen ;

(2) Der Nukleolus immer hoffrei bleiben kann ;

(3) Die Spindelfiguren deutlich fädig erscheinen. (vgl. NÊMEC ('99 S. 315), TELLYESNICZKY ('98 S. 219), WASIELEWSKI ('99 S. 309–310), ZANGGER ('02 S. 46) usw.)

(4) Peripher befindliche Zellen meistens geschrumpft und zerstört werden.

WIRKUNGEN VON BUTYLALKOHOL.

Stammlösung: 8% Vol.-proz. n-Butylalkohol (ca. 0.86 Mol).

8%: Zytoplasma von Zellwand abgelöst, homogen-gerinnselig mit GOLGIapparatähnlichen Gebilden (Fig. 160b); Kernmembran undeutlich; Karyotin arm gerinnselig, etwas exosmiert; Nukleolus häufig verunstaltet, hoffrei; Spindelfigur homogen. Chromosomen gelöst unter Quellung, oder exosmiert.

$\times 2^{-1}$: In der Peripherie der Wurzel etwa wie oben, in Zentrum homogenisiert. Kern unregelmässig oder eckig; Karyotin körnig-gerinnselig, exosmiert.

$\times 2^{-2}$: Zellen teilweise zerstört; Zytoplasma gerinnselig; Kern verunstaltet, eckig, in der Peripherie der Wurzel geschrumpft, im Inneren gequollen; Karyotin gerinnselig, exosmiert; Nukleolus hoffrei, häufig unregelmässig. Chromosomensubstanz exosmiert.

$\times 2^{-3}$: Alle Zellen nachfixiert, Membranstrukturen ausgeprägt; Zytoplasma unabgelöst, gerinnselig; Karyotin netzig-vakuolig oder netzig-flockig; Nukleolus etwas geschrumpft, blass; Spindelfäden und Zellplatte normal, die letztere mitunter schief angelegt. Spirem und Chromosomen doppelkontouriert oder flockig strukturiert, häufig gebrückt, gezackt, zusammengedrückt, fragmentiert, verschmolzen; Anaphasenbrücken (Brückenzahl 1 bis 5) und Telophasenbrücken; Ringkerne; Metaphase mit anastomosierten Chromosomen, amöboide Kerne (eingruppige Rekonstruktion ?), Ana- und Telophase mit unregelmäs-

sigen Tochteranlagen; Anaphase immer anomal, daneben normale Metaphase; Zellplatte häufig derart verlegt, dass kernlose und didiploide Zelle entstehen.
$\times 2^{-4}$ und $\times 2^{-5}$: Fast normal.

Zusammenfassung.

1. Der Wirkung nach steht Butylalkohol gerade zwischen Methyl- und Äthylalkohol einerseits und Amylalkohol, Äther usw. andererseits, und zwar den letzteren näher.

2. Minimale tötliche Konzentration liegt bei $8\% \times 2^{-2}$ (ca. 0.22 Mol) und wirksamer Grenzwert bei $8\% \times 2^{-4}$ (ca. 0.05 Mol).

3. Butylalkohol wirkt im allgemeinen strukturentstellend und substanzauflösend (exosmierend).

4. Wie Äthyläther und Amylalkohol (siehe unten) kann Butylalkohol bei höherer Konzentration (4%–8%) Karyotin auflösen oder exosmieren lassen.

5. Die angebliche mitosenfördernde Wirkung von Butylalkohol (vgl. Mainx '23, '24) wird nicht bestätigt (siehe auch Kornfeld '25).

6. Mitosenanomalien sind bei der Konzentration $8\% \times 2^{-3}$ zahlreich bemerkbar.

Wirkungen von Isoamylalkohol.

Stammlösung: 3 Vol.-proz. Isoamylalkohol (ca. 0.288 Mol).

3%: Fixierung etwa wie bei Äther (8%); Zytoplasma meist von Zellwand abgelöst, gerinnselig; Kern gequollen, unregelmässig; Karyotin arm gerinnselig; Nukleolus geschrumpft, eckig usw., hoffrei; Spindelfäden homogen-gerinnselig; Zellplatte normal; Chromosomen gelöst oder exosmiert, etwas quellend.

$\times 2^{-1}$: Zellen vereinzelt zerstört, homogenisiert, sonst fixiert; Zytoplasma meist unabgelöst; Kern zuweilen verunstaltet, vereinzelt „Karyolyse"; Spindelfäden und Zellplatte normal; Chromosomen etwas entstellt, zerstreut usw., häufig doppelstrukturiert; Telophasen- und Anaphasenbrücke; Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. „tassement équatorial" mit Hof.

$\times 2^{-2}$: Chromosomen häufig auch wie oben, sonst normal.

$\times 2^{-3}$–2^{-6}: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Minimale wirksame Konzentration von Isoamylalkohol liegt bei $3\% \times 2^{-2}$, also 0.072 Mol.

2. Teilungsanomalien erscheinen bei der Konzentration von $3\% \times 2^{-1}$, welche gerade tötlichem Grenzwert entspricht.

3. Wie bei anderen Alkoholen wird auch hier die Zytokinese wie die achromatische Figur niemals geschädigt.

4. Die Wirkung von Isoamylalkohol weicht von der der niederen Alkohole (Methyl- und Äthylalkohol) sowohl quantitativ als qualitativ nicht wenig ab. (vgl. Czapek ('11 S. 15, 30, 32), Lillie ('14 S. 135), Warburg ('14 S. 285, 287, 292), Stiles und Jørgensen ('17) usw.). Sie ähnelt etwa der von Chloroform (siehe unten).

5. Bei den angewandten Konzentrationen wirkt Isoamylalkohol deutlich mitosenschädigend.

Wirkungen von Amylenhydrat.

(Tertiärer Amylalkohol).

Stammlösung: 4 Vol.-proz. wässerige Lösung von Amylenhydrat (ca. 0.37 Mol).

4%: Zellen geschrumpft oder von Zellmembran abgelöst; Zytoplasma homogen-gerinnselig; Karyotin homogen mit grossen Vakuolen. Chromosomen geschrumpft, zusammengedrückt; Nukleolus unregelmässig, hoffrei.

$\times 2^{-1}$: Alle Zellen gut fixiert (nachfixiert); Zytoplasma meist nicht geschrumpft, gerinnselig; Karyotin gerinnselig, mit Karyosomen. Nukleolus unregelmässig, sogar amöboid, hoffrei; Spindelfäden ziemlich deutlich, Zellplatten normal. Mitosenanomalien häufig: Metaphase und Anaphase mit sehr zerstreuten Chromosomen. ,,tassement équatorial''. Tripolige Anaphase (Fig. 161). Vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken. Ganze Bilder ganz ähnlich wie bei Methylalkohol (100% $\times 2^{-3}$).

$\times 2^{-2}$: So gut wie normal.

$\times 2^{-3}$-2^{-6}: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Der Wirkung nach steht Amylenhydrat dem Methyl- oder Äthylalkohol näher als dem Isoamylalkohol. (vgl. Overton ('99 S. 125)).

2. Auch hier werden Mitosen häufig angegriffen, aber nicht im geringsten Zytokinesen und Spindelbildung (4% $\times 2^{-1}$).

3. Minimale wirksame Konzentration liegt höher als 4% $\times 2^{-2}$ (1%), oder etwa 0.092 Mol (vgl. Overton ('01 S. 101)).

Wirkungen von Formaldehyd.

Stammlösung: das unter Zusatz von Kalkhydrat destillierte, also neutralisierte Formol (etwa 30% oder 10 Mol).

Versuchsmaterial: *Vicia Faba* und *Glycine Soja*.

30%: Periphere Zellen teilweise zerstört. Zytoplasma häufig etwas von Membran abgelöst, homogen mit grossen Vakuolen, und weiter mit tropfigen Nieder-

schlägen. Karyotin homogen, fein körnig mit Karyosomen; Chromosomen etwas geschrumpft, verunstaltet oder miteinander verschmolzen, flockig, Längsspaltung deutlich; Nukleolus hoffrei, vereinzelt etwas entstellt; Spindelfäden homogen oder schwach angedeutet; Zellplatten normal, häufig doppelkontouriert; Chondriom gut konserviert; Anaphasenbrücken. (Fig. 162, 163).

$\times 2^{-1}$: Fixierung etwas besser als oben; Zytoplasma meist ungeschrumpft, sonst wie oben. (Fig. 164).

$\times 2^{-2}$: Optimale Fixierungskonzentration. Chromosomen minder verunstaltet, sonst wie oben.

$\times 2^{-3}$: Innere Zellen etwas geschrumpft, sonst fast normal (wie oben).

$\times 2^{-4}$: Zellen vereinzelt zerstört, Zytoplasma teilweise von Zellwand abgelöst, Chromosomen kaum geschrumpft, sonst wie oben.

$\times 2^{-5}$: Minimale Fixierungskonzentration. Zellen teilweise zerstört. Sonst fixiert wie oben. Zytoplasma meist geschrumpft.

$\times 2^{-6}$: Nur periphere Zellen wie oben. Zentrum der Wurzel wie normal (Nachfixierung). Zytoplasma homogen-gerinnselig-vakuolig, von Membran abgelöst; Karyotin körnig-gerinnselig. Chromosomen gerinnselig, etwas verunstaltet, doppelstrukturiert; Spindelfäden homogen oder schwach angedeutet. Sonst normal.

$\times 2^{-7}$: Minimale wirksame Konzentration. Anaphasen- und Telophasenbrücken. Sonst wie oben.

$\times 2^{-8}$, 2^{-9}: Zellen vereinzelt zerstört; Telophasenbrücken; Spindelfäden gerinnselig, oder schwach angedeutet. Sonst wie oben.

$\times 2^{-10}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Abgesehen von der plasma- und chromosomenschrumpfenden Wirkung vermag das neutralisierte Formol ($30\%-\times 2^{-5}$) naturgetreuere Fixierungsbilder darzubieten als die anderen geprüften Einzelsubstanzen, vgl. Tellyesniczky ('98 S. 227), Wasielewski ('99), Sjöbring ('00), Mann ('02 S. 5–7, 70, 88), Stoeltzner ('06), Tellyesniczky ('10 S. 466), Hartmann ('19 S. 182), Moeller ('19), Chambers ('14), Bechhold ('20 S. 459), Noel ('22), Fietz ('23), Cowdry ('24 S. 267). Damit wird aber nicht gesagt, dass das Formol eines der besten Fixiermittel darstellen soll, denn selbst das naturgetreueste Bild der Zellen kann keineswegs gestatten, das meiste über die wahren Zellstrukturen einzusehen.[1]

2. Die optimale Fixierung wird mit der Konzentration $30\% \times 2^{-2}$ oder ca. 7.5% erzielt.

---

1) Ein Umstand, um welchen sich allerhand bisher immer wieder erhobene Artefaktprobleme der verschiedenen Fixierungsbilder zu drehen scheinen (vgl. Yamaha '26a).

3. Mitosenanomalien kommen nur vereinzelt vor und zwar am häufigsten bei den Konzentrationen 30% $\times 2^{-7}$, somit bei dem Wirkungsminimum des Formols. Zytokinese wird jedoch niemals angegriffen, wenn auch Spindelfiguren immer homogenisiert erscheinen.

4. Formol (neutral) stellt eins der energischen Fällungsmittel für Chondriomstruktur dar.

5. Eine weitere Reihe von daraufhin angestellten Parallelversuchen ergibt, dass das käufliche, also sauer reagierende Formol auf Zytoplasma bei weitem stärker vakuolisierend wirkt als das neutralisierte, was ohne Zweifel der Wirkung der beigemengten Ameisensäure zuzuschreiben ist (vgl. oben). Dieser Unterschied verwischt sich aber schon bei der Verdünnung $\times 2^4$ gänzlich.

Wirkungen von Chloralhydrat.

Stammlösung: 1 Mol wässerige Lösung von Chloralhydrat (ca. 16.5%).

M: Zellen meist fixiert, vereinzelt zerstört; Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, homogen-gerinnselig; Kern teilweise geschrumpft und homogenisiert; Karyotin gerinnselig-netzig; Chromosomen geschrumpft, verschmolzen; Nukleolus hoffrei; Spindelfäden nur schwach angedeutet; sonst normal.

$M \times 2^{-1}$: Alle Zellen fixiert; Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig mit Vakuolen. Kern teilweise geschrumpft mit Vakuolen; Karyotin homogen mit flockigen Karyosomen; Chromosomen geschrumpft, verschmolzen, häufig mit gerinnseligen Achsen (etwas schlanker); Spindel homogen oder schwach fädig; Zellplatte meist normal, doppelkontouriert.

$M \times 2^{-2}$: Innere Zellen vereinzelt zerstört; Zytoplasma von Zellwand abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen, auch mit körnigen Niederschlägen; Kern meist homogenisiert; Karyotin homogen oder gerinnselig; Chromosomen gerinnselig; sonst wie oben.

$M \times 2^{-3}$: Zellen (innere) teilweise zerstört; sonst wie oben. Zytoplasma mehr gerinnselig, nicht von Membran abgelöst; Anaphasenbrücken.

$M \times 2^{-4}$: Alle Zellen nachfixiert; Zytoplasma homogen-gerinnselig, nicht von Zellwand abgelöst; Karyotin etwas geringer, gerinnselig-vakuolig; Nukleolus unregelmässig; Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar, mitunter gebogen. Zellplatten verschwunden oder normal, doppelkontouriert; Mitosenanomalien häufig, Chromosomen sehr verunstaltet, zerstreut, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt, häufig schlanker, körnig, auch fragmentiert, verwickelt; Metaphase mit anastomosierten Chromosomen; Metaphase immer anomal, Anaphase und Telophase häufig normal, weiter Anaphasenbrücken, vereinzelt zweikernige Zellen. (Fig. 165).

$M \times 2^{-5}$: Zytoplasma abgelöst von Zellmembran, gerinnselig; Karyotin gerinnselig-netzig; Spindelfäden nicht oder schwach angedeutet; Zellplatten normal oder

unsichtbar; Metaphase minder anomal; ,, tassement équatorial" mit Hof (synapsisähnlich); Metaphase mit anastomosierten Chromosomen; Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomen, Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen, mit extranuklearen Nukleolen, Telophasenbrücken; vereinzelt zweikernige Zellen.

$M \times 2^{-6}$: Fixierung normal; Spindelfäden schwach angedeutet, Verbindungsfäden häufig verkürzt; Chromosomen zerstreut, ungeordnet, fragmentiert, zusammengedrückt usw. Spindelraum nach aussen deutlich begrenzt; keine Anaphasenfigur. Telophasenbrücken und hantelförmige Kerne; Riesenkern mit vermehrten (2-6) Nukleolen (?) (Fig. 166).

$M \times 2^{-7}$: Spindelfäden homogenisiert oder vereinzelt schwach angedeutet; Zellplatte normal; neben normaler Ana- und Telophase: Telophasenbrücken, Anaphase mit verspreizten Chromosomen (,, Sonnenform" siehe unten), etwas abnorme Metaphase. Sonst normal.

$M \times 2^{-8}$: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Bei übermaximaler Konzentration ($M-M \times 2^{-3}$) wirkt Chloralhydrat auf Karyotin, Zytoplasma und Spindelfiguren homogenisierend, Chromosomen und Kern schrumpfend.

2. Bei den Konzentrationen ($M \times 2^{-4}-2^{-7}$) treten verschiedene Typen von Mitosenanomalien auf. Zytokinese und Spindelbildung werden aber nicht gänzlich unterdrückt.

3. Minimale wirksame Konzentration entspricht $M \times 2^{-7}$.

4. Wider unser Erwarten bewährt sich Chloralhydrat nicht als besonders wirksam auf die sich teilenden Zellen, obwohl man dies aus einer Anzahl von bisherigen diesbezüglichen Arbeiten zunächst leicht anzunehmen geneigt ist (vgl. van Wisselingh ('02 S. 122, 128, 130, '03, '21 S. 314 usw.), Wasielewski ('03 S. 398, '04), Němec ('04, '10), Strasburger ('07b), Kemp ('10), Lundegårdh ('14a S. 174), Sakamura ('20), Mainx ('23, '24) usw.).

5. Aus unseren besonders angestellten Versuchsreihen ergibt sich, dass sich durch einstündige Wirkung von 0.75% Chloralhydrat Spindelfäden erst nach 3 Stunden völlig verwischen, um sich nach 9 Stunden, also erst 11 Stunden nach der Wirkung normal zu erholen. Merkwürdig ist noch, dass gleichzeitig mit dem Wiedererscheinen der Spindelfäden auch die normale Verteilung der Chromosomen anfängt, sich, wenn auch nur langsam, wieder einzustellen (vgl. Sakamura l. c.).

Wirkungen von Glyzerin.

Stammlösung: käufliches Glyzerin (als 100% gesetzt) (ca. 10.87 Mol).

100% × 2^{-1}: Zellen meist zerstört; Zytoplasma meist abgelöst von Zellwand, gerinnselig-netzig mit Vakuolen; Karyotin netzig-vakuolig, ausgehöhlt; Kern sehr geschrumpft; Nukleolus auch geschrumpft; Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar; Chromosomen geschrumpft, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt.

× 2^{-2}: Zellen meist zerstört, innere Zellen sterbend; Zytoplasma meist von Zellwand abgelöst, gerinnselig-netzig mit deutlichen Vakuolen; Kern häufig unregelmässig. Karyotin netzig-vakuolig; Nukleolus meist hoffrei. Spindel schwach fädig; Chromosomen wie oben.

× 2^{-3}: Zellen teilweise zerstört; Zytoplasma von Membran abgelöst; gerinnselig-filzig mit Vakuolen und Bläschen; Karyotin netzig-flockig; Kern häufig unregelmässig; Spindelfäden etwas homogenisiert oder schwach angedeutet; Zellplatte auch undeutlich; Chromosomen wie oben.

× 2^{-4}: Zellen vereinzelt zerstört, sonst nachfixiert; Kern häufig unregelmässig; Spindelfäden häufig schwach angedeutet, in inneren Zellen deutlich; Zellplatte deutlich, normal; Chromosomen etwas geschrumpft, miteinander verschmolzen; Spireme häufig stachelig (vakuolig ?); Anaphasenbrücken; Anaphase mit sehr entfernten oder nicht auseinandergewichenen Chromosomen; sonst normal.

× 2^{-5}: Zellen vereinzelt zerstört; Kern häufig unregelmässig; Chromosomen und Spireme wie oben; Telophasenbrücken, Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen; sonst normal.

× 2^{-6}: Fixierung normal; Chromosomen häufig miteinander verschmolzen, gebrückt, etwas verunstaltet, gezähnt, flockig fixiert, Längsspaltung deutlich; Anaphasenbrücken; Telophase mit unregelmässigen und nicht auseinandergehenden Tochteranlagen; sonst normal. (Fig. 167).

× 2^{-7}: Vereinzelt Karyokinese abnorm.

× 2^{-8}: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Glyzerin lässt bei den tötlichen Konzentrationen (100% × 2^{-1}–2^{-3}) Zytoplasma, Kern und Chromosomen deutlich schrumpfen, Spindelfiguren homogenisierend.

2. Bei den submaximalen Konzentrationen (100% × 2^{-4}–2^{-6}) werden Karyokinesen häufig ziemlich beschädigt. Spindelfiguren und Zellplatten sehen dabei recht normal aus. (Vgl. Szücs ('13b S. 296, 297) usw.)

3. Die beträchtliche Wirksamkeit des Glyzerins möchte auf die leichte Eindringbarkeit zurückgeführt werden (vgl. Klebs ('86–'88 S.540), Fitting ('20), van Wisselingh ('20 S. 414) usw.).

4. Meines Erachtens erscheint es zweifelhaft, dass das Glyzerin nur osmotisch wirken kann (vgl. CZAPEK ('13 S. 204), OVERTON ('99 S. 126, '01 S. 117). Vergl. auch Wirkungen von Rohrzucker.

WIRKUNGEN VON ROHRZUCKER.

Stammlösung: ½ Mol wässerige Lösung von Rohrzucker (ca. 17. 1%).

$M \times 2^{-1}$: Innere Zellen zerstört, äussere homogenisiert; sonst membranartige Strukturen ausgeprägt; Zytoplasma filzig mit zahlreichen Bläschen und auch Vakuolen; Spindelfäden deutlich oder schwach; Zellplatte nicht gebildet; Anaphasenbrücken, „tassement équatorial", zweikernige Zellen, Anaphase mit verschieden auseinandergewichenen Tochteranlagen (2–13μ); sonst normal.

$M \times 2^{-2}$–2^{-4}: So gut wie normal; Karyotin etwas gröber netzig, vereinzelt „Karyolyse" (?); Zentripetal angelegte Zellplatte, Anaphase mit entfernten Tochteranlagen.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Auch Rohrzucker kann bei jeder geprüften Konzentration ($M \times 2^{-1}$–2^{-4}) für Protoplasma nicht ganz indifferent bleiben.[1]

2. Bei der Konzentration $M \times 2^{-1}$ wirkt Rohrzucker auf Karyo- sowie Zytokinese unverkennbar schädigend.

3. Dass Rohrzucker die Karyotinsynthese befördern kann (vgl. SABLINE ('03 S. 489), MAIGRE ('22)) wird nicht bestätigt. Intranukleare Struktur bleibt aber verhältnismässig unversehrt.

WIRKUNGEN VON AZETON.

Stammlösung: käufliches Azeton (als 100% gesetzt, ca. 18 Mol).

100%: Alle Zellen zerstört, geschrumpft.

100% × 2^{-1}: Periphere Zellen zerstört, geschrumpft. Sonst fixiert; Zytoplasma gerinnselig mit Vakuolen; Karyotin fein körnig; Chromosomen verdickt und verkürzt, etwas gequollen (?), Nukleolus hoffrei; Spindelfäden nicht oder schwach angedeutet; Zellplatte sehr merklich.

× 2^{-2}: Kern etwas verunstaltet; Zytoplasma von Zellwand abgelöst, gerinnselig mit Chondriom-ähnlichen Körnern, in inneren Zellen zerstört; Chromosomen vakuolig-körnig, häufig moniliform (Fig. 168).

× 2^{-3}: Alle Zellen gut fixiert; Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, gerinn-

1) Über die verschiedene physiologische und physiko-chemische Wirkung des Rohrzuckers auf Protoplasma vgl. BOEHM ('83), WIELER ('87), KLEBS ('86–'88 S. 491, 501, 533, 537, 549), HÖRMANN ('98) (s. ANDREWS '05), JANSE ('87, '88), OSTERHOUT ('13c), CZAPEK ('13 S. 170), LUNDEGÅRDH ('14b S. 593), SZÜCS ('13b S. 296), BROOK ('16), BECHHOLD ('20 S. 59), VAN WISSELINGH ('20), RICHTER ('21), HANDOVSKY ('22b, '22c) usw.

selig, netzig oder filzig; Karyotin netzig; Kern etwas unregelmässig; Nukleolus hoffrei; Spindelfäden schwach angedeutet; Zellplatte normal. Vereinzelt Anaphasenbrücken, Metaphase etwas gestört. Periphere einige Zelllagen wie oben.

$\times 2^{-4}$: Fixierung fast wie oben. Karyotin fein netzig; Chromosomen verdickt und verkürzt, häufig segmentiert; Spindelfäden und Zellplatte normal; Anaphasenbrücken, vereinzelt Metaphase mit etwas ungeordneten Chromosomen.

$\times 2^{-5}$, 2^{-6}: So gut wie normal ausser Chromosomenverunstaltung.

$\times 2^{-7}$: Normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den Konzentrationen 100% $\times 2^{-1}$–2^{-4} wirkt Azeton auf Zellstrukturen ziemlich fixierend (Optimalpunkt bei 100% $\times 2^{-3}$).

2. Chromosomen erleiden immer eine merkwürdige Entstellung (100% $\times 2^{-1}$–2^{-6}).

3. Mitosen werden nicht selten affiziert (100% $\times 2^{-3}$–2^{-4}), während Zellplattenbildung niemals ausbleiben kann, obgleich Spindelfäden häufig undeutlich erscheinen (100% $\times 2^{-1}$–2^{-3}) (vgl. Mainx '24).

4. Minimale wirksame Konzentration liegt zwischen 100% $\times$ 2^{-4}–2^{-6} (ca. 0.28–1 M) (vgl. Overton ('01 S. 109), Czapek ('11 S. 37), Stiles und Jørgensen ('17), Mainx ('24) usw.).

5. Strukturzerstörende Wirkung des Azetons erscheint relativ geringfügig. Als Fixiermittel lässt es sich aber kaum anwenden (vgl. (Mann '02 S. 88).

Wirkungen von Äthyläther.

Stammlösung: 10 Vol.-proz. wässerige Lösung von Äthyläther (ca. 0.96 Mol).

10%: Alle Zellen fixiert, etwas gut im Inneren der Wurzel. Kern unregelmässig gestaltet, karyotinarm; Zytoplasma meist von Membran abgelöst, in den peripheren Zellen geschrumpft, gerinnselig oder gerinnselig-filzig; Chromosomen verunstaltet, teilweise aufgelöst oder exosmiert; Nukleolus unregelmässig, oder eckig, vakuolig oder filzig, hoffrei; Spindelfäden schwach angedeutet oder gerinnselig; Mitosen selten. (Fig. 169).

$\times 2^{-1}$: Alle Zellen fixiert; Zytoplasma ungeschrumpft (ausser inneren Zellen), gerinnselig-körnig oder filzig mit Bläschen; Karyotin arm netzig oder vakuolig; Nukleolus meist hoffrei, mitunter eckig; Spindelfäden ziemlich deutlich, vereinzelt körnig; hier und da ,,Karyolyse''; Chromosomen geschrumpft, verschmolzen, doppelstrukturiert oder vakuolig; ,, tassement équatorial '' mit Hof; mitunter Metaphase mit zerstreuten, verunstalteten, miteinander verschmolzenen Chromosomen; Anaphasenbrücken; sonst normal; ganze Bilder ähnlich wie Azeton- oder Trichloressigsäurepräparat. (Fig. 170).

× 2^{-2}: Kern etwas unregelmässig gestaltet, vereinzelt „Karyolyse"; Karyotin vakuolig-netzig; Teilungsachse häufig gedreht; Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen, vereinzelt Karyomerenbildung und Kernknospung. Sonst normal.

× 2^{-3}–2^{-7}: Mitosenfiguren unverkennbar vermehrt.

Zusammenfassung.

1. Bei höheren Dosen (10% und 5%) wirkt Äthyläther auf Karyokinese deutlich hemmend oder schädigend, aber auf Zytokinese nicht im geringsten ungünstig, während er bei schwächeren Dosen (10% × 2^{-2}–2^{-7}) die Zellteilung befördern kann (vgl. Němec ('99), Nathansohn ('00), van Wisselingh ('03, '21), Sabline ('03), Woycicki ('06), Wasielewski ('04), Conklin ('12), Sakamura ('20), Mainx ('24), Kornfeld ('25 S. 490)).

2. Dieser schroffe Gegensatz in der Wirkungsweise von höheren und niederen Dosen von Äther ist schon von verschiedenen Seiten bemerkt worden (vgl. z. B. Weber ('21 '22), Mainx ('24), weiter unten im theoretischen Teil).

3. Minimale schädliche Konzentration liegt bei 2.5% oder 0.24 Mol (vgl. Mainx '24).

Wirkungen von Chloroform.

Stammlösung: gesättigte wässrige Lösung von Chloroform (ca. 0.7% oder 0.06 Mol).

Gesättigte Lösung: Innere Zellen teilweise ungeschrumpft; Zytoplasma gerinnselig-körnig, homogen färbbare Substanz um den Kern; Kern unregelmässig, etwas gequollen; Karyotin gelöst bis auf gerinnselig-flockige Reste; Chromosomen gelöst unter Quellung, auch mit gerinnselig-flockigen Resten; Nukleolus unregelmässig, hoffrei; Spindelfigur homogen; Karyokinese selten.

× 2^{-1}: Periphere Zellen etwas geschrumpft, innere teilweise zerstört; Zytoplasma homogen-gerinnselig; Kern etwas geschrumpft (besonders im Inneren der Wurzel); Karyotin homogen mit Karyosomen oder vereinzelt netzig-vakuolig; Chromosomen geschrumpft, körnig, deutlich doppelstrukturiert, mitunter flockig, verlegt, zusammengedrückt; Spindelfigur homogen; Anaphasenbrücken.

× 2^{-2}: Karyotin netzig; Chromosomen etwas blass, doppelstrukturiert, verunstaltet; Nukleolus hoffrei; Spindelfäden und Zellplatten normal; neben zahlreichen normalen Figuren, Telophasenbrücken, Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen, amöboide Kerne; sonst normal.

× 2^{-3}: Fixierung fast normal; „Karyolyse"; Chromosomen etwas verunstaltet, häufig fragmentiert; Nukleolus ganz hoffrei; Kern und Spindelraum mit Hof;

Telophasenbrücken und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen; Sonst normal.

× 2^{-4}: So gut wie normal.

× 2^{-5}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Chloroform wirkt ungleich schädlicher als Äther (vgl. Heilbronn ('22 S. 335), Osterhout ('22 S. 188), Lepeschkin ('24 S. 208) usw.).

2. Mitosenanomalien wurden bei den Konzentrationen $\times 2^{-1}$–2^{-3} beobachtet. Zytokinesen werden jedoch niemals beeinflusst (vgl. Němec ('99, '01 S. 38, '06, '10 S. 176 ff.), Wasielewski ('04), Woycicki ('06), Lundegårdh ('14a S. 162), Sakamura ('20), Mainx ('23, '24), Kornfeld ('25) usw., weiter Andrews ('05 S. 528), Lillie ('14 S. 126, 128).).

3. Vakuolisation des Zytoplasmas durch Chloroform macht sich nie bemerkbar (vgl. Demoor ('95 S. 193), Davenport ('08 S. 9, 10) usw.).

4. Minimale tötliche Dosis beläuft sich auf $\times 2^{-1}$, also 0.35% oder 0.03 Mol (vgl. Overton ('01 S. 6, 52, 103), Ritter ('11 S. 13), Czapek ('11 S. 35, '13, S. 199, 202), Lillie ('14 S. 126, 128), Stiles und Jørgensen ('17), Medes ('20) usw.).

Wirkungen von Benzol, Xylol, Toluol und Terpentinöl.

Stammlösung: gesättigte wässerige Lösungen von Benzol (0.072%), Xylol, Toluol und Terpentinöl. Alle diese Substanzen sind in ihrer Wirkung sehr übereinstimmend und zwar annähernd ähnlich wie Chloroform; der Unterschied bleibt nur quantitativ. Die Ergebnisse mit gesättigten Lösungen werden unten gegeneinander gestellt.

Wirkungsdauer 1 Stunde.

Benzol:[1] Zellen alle fixiert; Zytoplasma unabgelöst von Membran, körnig-gerinnselig; Karyotin homogen oder grob körnig; Mitosen sehr selten; Spindelfäden homogen; vereinzelt zweikernige Zellen; amöboide oder sehr verlängerte Kerne.

Xylol: Zellen vereinzelt zerstört (mehr als bei Toluol); Zytoplasma homogen-gerinnselig, nicht von Membran abgelöst; Chromosomen häufig miteinander gedrückt, verschmolzen; Spindelfäden unsichtbar. Zellplatte normal; Anaphasen- und Telophasenbrücken usw.; sonst wie unten.

Toluol: Zellen vereinzelt zerstört, sonst fixiert; Zytoplasma nicht von Zellwand

1) Vgl. Blazek ('02), Němec ('06), Sakamura ('20) usw.

abgelöst, ausser inneren Zellen homogen-gerinnselig. Karyotin mit oder ohne körnigen oder flockigen Karyosomen, im Äusseren der Wurzel leicht entfärbbar oder gelöst; Chromosomen und Spirem schlanker, flockig oder vakuolig, häufig gebrückte Doppelfäden (Fig. 171). Nukleolus unregelmässig oder eckig, hoffrei. Spindelfäden so gut wie homogen; Zellplatte normal (?), keine Anaphase; Telophase selten, Telophasenbrücken.

Terpentinöl: Meiste Zellen fixiert, vereinzelt zerstört; Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig oder etwas filzig mit Bläschen (im Inneren der Wurzel); Karyotin flockig-netzig; Chromosomen häufig verunstaltet, zerstreut, fragmentiert, verdickt, miteinander gedrückt usw.; Spindelfäden homogen oder schwach angedeutet; Zellplatte ganz normal; keine normale Anaphase: Anaphase mit verspreizten Chromosomen, Anaphasenbrücken, Anaphase mit anastomosierten Tochteranlagen (eingruppige Rekonstruktion?); Telophasenbrücken; „Karyolyse"; zweikernige Zellen auch bemerkbar.

Wirkungen von Harnstoff.

Stammlösung: $M \times 1/2$ wässerige Lösung von Harnstoff (ca. 3%).
Versuchsmaterial: *Vigna chinensis.*

$M \times 2^{-1}$: Innere Zellen vereinzelt geschrumpft; Zytoplasma gerinnselig-filzig mit Bläschen und Vakuolen, in peripheren einigen Zelllagen homogen-gerinnselig; keine normale Mitosenfigur (ausser Prophase), zweikernige Zellen, Metaphase mit ungeordneten Chromosomen, Teilungsachsen häufig gedreht (Fig. 172); häufig Kerne mit zwei Nukleolen (Fig. 173); in der Peripherie der Wurzel Nukleolus hoffrei.

$M \times 2^{-2}, 2^{-3}$: Zytoplasma in äusseren Zellen homogen-gerinnselig; Spindelfäden häufig homogenisiert; neben normalen Figuren, Metaphase mit gedrehter Teilungsachse.

$M \times 2^{-4}$: So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Auch Harnstoff erweist sich als nicht ganz indifferent, besonders für sich teilende Zellen.

2. Mitosen und Zytokinesen samt Spindelbildung werden häufig bei den Konzentrationen ($M \times 2^{-1}$–2^{-3}) angegriffen.

3. Harnstoff wirkt auf Zytoplasma deutlich homogenisierend, also fällungshemmend (vgl. Szücs ('13b S. 296, 297), Handovsky ('22 S. 121) usw.).

4. An der Giftigkeit (vgl. Overton ('01 S. 120), Bokorny ('12 S. 21), Czapek ('13 S. 204), Szücs ('13b S. 297) usw.) und leichten Eindringbarkeit (etwa wie Alkalisalze) (vgl. Overton ('99 S. 105), Fitting ('20), van Wisselingh ('20), Höfler und Stiegler ('21) usw.) des Harnstoffes wird nicht mehr gezweifelt.

5. Als ein Zusatzmittel zum Fixierungsmittel darf man nicht mit Vertrauen von Harnstoff Gebrauch machen (vgl. GATENBY ('20) usw.).

WIRKUNGEN VON ANILIN.

Stammlösung: 3 Vol.-proz. wässerige Lösung von Anilin (ca. 0.32 Mol).

3%, $\times 2^{-1}$: Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, homogen-gerinnselig mit Vakuolen; Karyotin blass mit oder ohne Karyosomen, gerinnselig-vakuolig, vereinzelt herausdiffundiert; Chromosomen und Spireme quellend gelöst; Nukleolus hoffrei, meist unregelmässig; Spindelfäden homogen-gerinnselig.

$\times 2^{-2}$: Periphere Zellen wie oben, innere meist zerstört; Zytoplasma von Zellwand abgelöst, gerinnselig-vakuolig oder homogen-vakuolig mit körnigen Niederschlägen; Kern geschrumpft; Karyotin homogenisiert; Chromosomen geschrumpft, zusammengedrückt; Spindelfigur homogen.

$\times 2^{-3}$: Zellen vereinzelt zerstört; Zytoplasma nicht von Membran abgelöst (ausser äusseren Zellen), gerinnselig-vakuolig oder gerinnselig-homogen (peripher) oder gerinnselig-filzig mit Bläschen (innen); Karyotin flockig-netzig; Chromosomen geschrumpft, verunstaltet (klumpig), zerstreut, fragmentiert, miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt; Nukleolus hoffrei. Spindelfäden ziemlich oder nur schwach angedeutet, Zellplatte normal; ,, tassement équatorial ", Anaphasenbrücken.

$\times 2^{-4}$: Chromosomen und Spireme gerinnselig oder körnig; Chromosomen wie oben, auch gebrückt; Nukleolus hoffrei; Anaphase, Telophase und Metaphase mit unregelmässigen Chromosomenhaufen, Anaphasen- und Telophasenbrücken, Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen; sonst normal.

$\times 2^{-5}$: Chromosomen und Spireme häufig körnig, doppelgereiht; Nukleolus hoffrei; Spindelfäden deutlich; Zellplatten normal, auch vereinzelt seitlich oder zentripetal angelegt; Mitosenanomalien wie oben; sonst normal.

$\times 2^{-6}$: Anomale Mitosen selten; sonst normal.

$\times 2^{-7}$, 2^{-8}: Vereinzelt zentripetal angelegte Zellplatten; sonst normal.

$\times 2^{-9}$–2^{-11}: So gut wie normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Bei den übermaximalen Konzentrationen (3%–3% $\times 2^{-3}$) wirkt Anilin auf Zytoplasma schrumpfend und homogenisierend, auf Karyotin und Chromosomen auflösend oder schrumpfend, auf Spindelfäden homogenisierend ein. Nukleolus bleibt stets ganz hoffrei (3%–3% $\times 2^{-5}$).

2. Abnorme Karyokinesen werden bei 3% $\times 2^{-3}$–2^{-6} gefunden, Zytokinesen aber im allgemeinen nicht beeinflusst.

3. Untere Grenze der Wirksamkeit liegt etwa bei 3% $\times 2^{-8}$, also ca. 0.0012 Mol (vgl. OVERTON ('01 S. 163), DAVENPORT ('08 S. 16 ff.), BOKORNY ('12 S. 20), CZAPEK ('13 S. 206), STILES und JØRGENSEN ('17), HEFFTER ('23 S. 1049) usw.).

Wirkungen von Pyridin.

Stammlösung: käufliches Pyridin (als 100% gesetzt, ca. 12.66 Mol).

100% × 2^{-4}: Alle Zellen geschrumpft, zerstört oder homogenisiert; Zytoplasma gerinnselig-homogen mit Vakuolen; Karyotin homogenisiert.

100% × 2^{-5}: Zellen vereinzelt zerstört; Zytoplasma gerinnselig-homogen mit körnigen oder klumpigen Niederschlägen; Kern geschrumpft, Karyotin homogen oder gerinnselig; Chromosomen geschrumpft, miteinander verschmolzen oder zusammengedrängt; Spindelfäden unsichtbar; Anaphase mit nicht auseinandergehenden Chromosomen.

× 2^{-6}: Zellen meist gut nachfixiert, innere vereinzelt sterbend; Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, gerinnselig mit Niederschlägen; Karyotin gerinnselig oder netzig; Chromosomen etwas verdickt, zerstreut, fragmentiert, eingeschnürt, Nukleolus meist hoffrei; Spindelfäden immer deutlich, Zellplatte meist normal; keine normale Mitose: ,, tassement équatorial '', Anaphasen- und Telophasenbrücken, Metaphase mit anastomosierten Chromosomen, tripolige Anaphase, zweikernige Zellen und Kernfusion, unregelmässige Tochteranlagen.

× 2^{-7}: Spindelfäden vereinzelt homogen; zweikernige Zellen, kernlose Zellen; Zellplatte häufig verlegt, schief etc. angelegt; amöboide Kerne, Kernfusion, multipolare Metaphase; Anaphase immer und Metaphase meist anomal. Sonst wie oben. (Fig. 174).

× 2^{-8}: Neben normalen Figuren, Anaphasen- und Telophasenbrücken. Mehrkernige Zellen mit unvollständig, gebogen gelegten Scheidewänden, Karyomerenbildung; ,, tassement équatorial '', Metaphase mit anastomosierten Chromosomen, amöboide Kerne usw.; sonst wie oben. (Fig. 175-177).

× 2^{-9}: Metaphase vereinzelt anomal, sonst so gut wie normal.

× 2^{-10}, 2^{-11}: So gut wie normal; vereinzelt Telophasenbrücken.

Zusammenfassung.

1. Abnorme Karyo- und Zytokinesen mannigfacher Typen treten bei den Konzentrationen (100% × 2^{-6}–2^{-8}) hervor. Dabei werden Spindelfäden meistens normal bemerklich.

2. Minimale tötliche Konzentration entspricht 100% × 2^{-5} oder ungefähr 0.4 Mol (vgl. Davenport ('08 S. 16), Bokorny ('12 S. 14), Czapek ('13 S. 206), Overton ('01 S. 165), Heffter ('20 S. 1), Stiles und Jørgensen ('17), Ciamician u. Ravenna ('20) usw.).

3. Wirksamkeit geht aber bei 100% × 2^{-11} nicht gänzlich verloren.

4. Vakuolisierende Wirkung auf Zytoplasma macht sich nur bei höheren Konzentrationen (100% × 2^{-4}) bemerkbar. (vgl. Loew ('06–'08 S. 7)).

Wirkungen von Phenol (Karbolsäure).

Stammlösung: M × 2^{-1} wässerige Lösung von Phenol (ca. 4.7%).

M × 2^{-1}, 2^{-2}: Alle Zellen fixiert; Zytoplasma von Zellmembran abgelöst, homogen oder gerinnselig; Karyotin homogen oder gerinnselig-homogen, mitunter mit flockigen Karyosomen; Chromosomen vakuolig, geschrumpft, schlanker, mitunter miteinander verschmolzen; Nukleolus hoffrei, nicht kugelig, vakuolig; Spindelfäden schwach angedeutet; Zellplatten normal, doppelkontouriert.

M × 2^{-3}: Alle Zellen fixiert; Zytoplasma meist von Zellmembran abgelöst, dicht homogen, schwach gerinnselig, mit körnigen Niederschlägen; Karyotin aufgelöst bis auf gerinnselige Reste; Chromosomen gelöst; Nukleolus ungelöst bleibend; Spindelfäden unsichtbar.

M × 2^{-4}: Zytoplasma gerinnselig mit körnigen Niederschlägen, im Inneren der Wurzel nicht von Zellmembran abgelöst; Karyotin teilweise gelöst (körnige Reste); sonst wie oben.

M × 2^{-5}: Zellen teilweise zerstört, sonst Zytoplasma teilweise geschrumpft, gerinnselig mit Niederschlägen; Kern geschrumpft, homogenisiert; Karyotin gerinnselig; Chromosomen geschrumpft, miteinander verschmolzen; Nukleolus meist mit Hof; Spindelfäden ziemlich deutlich.

M × 2^{-6}: Zellen vereinzelt zerstört; Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, gerinnselig mit Niederschlägen; Karyotin gerinnselig-körnig oder flockig-netzig; Chromosomen mit hellem Hof, etwas verunstaltet oder unregelmässig klumpig, zerstreut, fragmentiert, miteinander verschmolzen; Spindelfäden ziemlich schwach angedeutet; Zellplatte normal; Spireme mit nukleolusartigen Körnchen besetzt; anastomosierte Chromosomen (Metaphase); Anaphasenbrücken; Anaphase und Telophase meist normal; vereinzelt Zellplattenbildung unterblieben.

M × 2^{-7}: Fixierung wie oben; Zytoplasma gerinnselig, innen mit Bläschen; Chromosomen wie oben; Spindelfäden schwach angedeutet; Anaphasen- und Telophasenbrücke, Anaphase und Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen; sonst wie oben.

M × 2^{-8}: Anaphase und Telophase mit zerstreuten Chromosomen, Anaphasen- und Telophasenbrücken; normale Figuren häufig. Spindelfäden vereinzelt schwach sichtbar; sonst wie normal. (Fig. 178).

M × 2^{-9}: Telophasenbrücken häufig; Telophase mit unregelmässigen oder verschmolzenen Tochteranlagen, Zellplatte vereinzelt unvollständig gebildet; vereinzelt Anaphasenbrücken und abnorme Metaphase; sonst normal. (Fig. 179).

M × 2^{-10}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Die Wirkung von Phenol ähnelt sowohl qualitativ als auch quantitativ ungefähr der von Anilin.

2. Bei den übermaximalen Konzentrationen (M × 2^{-1}–2^{-5}) wirkt

Phenol nämlich auf Zytoplasma homogenisierend, schrumpfend, Karyotin auflösend, Chromosomen auflösend oder schrumpfend, Spindelfäden homogenisierend usw. (vgl. Anilin).

3. Mitosenanomalien sind häufig bei den Konzentrationen $M \times 2^{-6}$–2^{-9} anzutreffen, wobei Spindelfäden meistens nur schwach angedeutet, Zellplattenbildung aber nur ausnahmsweise gehemmt werden (vgl. van Wisselingh ('02 S. 122), Stockberger ('10 S. 417), Mainx ('24)).

4. Untere Grenze der Wirksamkeit liegt etwa bei $M \times 2^{-9}$ oder 0.0019 Mol (vgl. Anilin), siehe auch Overton ('01 S. 128), Klemm ('95 S. 671), Davenport ('08 S. 16–18), Czapek ('13 S. 205), Lundegårdh ('21 S. 276, 279), Heffter ('23 S. 892, 894).

Wirkungen von Antipyrin und Koffein.

Nach van Wisselingh ('15 usw.) sollen Antipyrin (1%) und Koffein (0.1%) Scheidewandbildung bei *Spirogyra*zellen unterdrücken, indem sie durch Aggregationswirkung (von Tanninsubstanz ?) den sich teilenden Zellen die membranbildende Substanz entziehen. Ob es wirklich auch bei höheren Pflanzen der Fall ist, wird hier mit unserem Material nachgeprüft.

Es kamen auch hier 1% Antipyrin- und 0.1% Koffeinlösung zum Gebrauch. Nach zweistündiger Wirkung werden die Wurzelspitzen sofort und auch nach einstündigem Auswaschen wie gewöhnlich fixiert und beobachtet. Die Resultate fallen aber ganz negativ aus. Es gibt nämlich in den behandelten Wurzeln keine zweikernigen Zellen.

Antipyrin (1%): (ohne Auswaschen fixiert).
Zytoplasma etwas geschrumpft, dicht gerinnselig oder fein körnig mit grossen Vakuolen. Häufig Anaphase mit verspreizten Chromosomenhaufen[1)] (Fig. 180); sonst wie normal.

Antipyrin (1%): (nach 1-stündigem Auswaschen fixiert).
Ganz normal.

Koffein (0.1%): So gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Die Wirkung von Antipyrin (1%) und Koffein (0.1%) geht ganz reversibel (vgl. van Wisselingh ('10, '15, '20, '21 S. 338) usw.) und zieht keine strukturelle Anomalie (ausser den sogenannten „Sonnenformen" der Anaphase) nach sich.

1) Die Sogenannten „Sonnenformen", siehe Lundegårdh ('14a S. 170), Sakamura ('20 S. 43).

2. Weder Karyo- noch Zytokinese wird geschädigt (vgl. MAINX ('24).

3. Die sogenannten „Proteosomen" sind nicht mit FLEMMING-schem Gemisch zu fixieren.

WIRKUNGEN VON KOKAINHYDROCHLORID

Stammlösung: 2% wässerige Lösung von salzsaurem Kokain (ca. 0.059 Mol).

2%: Periphere Zellen geschrumpft, sonst gut fixiert; Zytoplasma nicht von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig; Karyotin homogen-gerinnselig mit oder ohne flockigen Karyosomen; Chromosomen verunstaltet, fragmentiert, miteinander gebrückt; Nukleolus vakuolig, unregelmässig, meist hoffrei; Spindelfäden schwach angedeutet; Zellplatte normal; Metaphase mit zerstreuten oder sonst ungeordneten Chromosomen, Anaphasenbrücken; Telophase normal.

$\times 2^{-1}$: Zellen teilweise zerstört; Zytoplasma homogener, so auch Spindelfiguren; Anaphasenbrücken; sonst wie oben.

$\times 2^{-3}$: Alle Zellen fixiert; Zytoplasma nicht von Zellmembran abgelöst, gerinnselig, etwas homogen, vereinzelt etwas filzig; Karyotin flockig-netzig; Chromosomen häufig ungeordnet, miteinander gebrückt; Spindelfäden nur schwach angedeutet; normale Figuren häufig; Anaphasenbrücken.

$\times 2^{-4}$, 2^{-5}: So gut wie normal; vereinzelt Anaphasen- und Telophasenbrücken, Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen; Metaphase mit ungeordneten Chromosomen, Metaphase mit Nukleolus (Fig. 181).

$\times 2^{-6}$: Ganz normal.

ZUSAMMENFASSUNG.

1. Bei den übermaximalen Konzentrationen (2%–2% $\times 2^{-1}$) wirkt salzsaures Kokain nur auf das Zytoplasma und die Spindelfiguren etwas homogenisierend.

2. Mitosenanomalien treten bei den Konzentrationen (2%–$\times 2^{-4}$) in Erscheinung, während Zellplatten immer normal gebildet werden (vgl. MAINX ('24)).

3. Minimale wirksame Konzentration entspricht 2% $\times 2^{-4}$ oder etwa 0.0037 Mol (vgl. RICHARDS ('97), DAVENPORT ('08 S. 24), CZAPEK ('13 S. 208, 209), CIAMICIAN und RAVENNA ('20), MACHT ('22) usw.).

4. Vakuolisation wird nur bei Nukleolus und den Telophasenchromosomen deutlich bemerkbar (vgl. DAVENPORT ('08 S. 24)).

Wirkungen von Chininchlorid.

Stammlösung: gesättigte wässrige Lösung von salzsaurem Chinin (ca. 3.3% oder 0.083 Mol. (Temperatur der Lösung 28° C).

3.3% $\times 2^{-1}, 2^{-2}, 2^{-3}$: Meiste Zellen zerstört; Zytoplasma von Membran abgelöst, homogen-gerinnselig; Karyotin homogen oder homogen-gerinnselig; Kern und Chromosomen geschrumpft.

$\times 2^{-4}$: Alle Zellen nachfixiert; Zytoplasma nicht von Zellwand abgelöst, homogen-gerinnselig; Kern geschrumpft, häufig unregelmässig; Karyotin homogen-flockig, Chromosomen flockig oder körnig, Längsspaltung deutlich nachweisbar; Nukleolus unregelmässig, hoffrei; Spindelfäden homogen oder gerinnselig; Zellplatten normal; keine Mitosenanomalien.

$\times 2^{-5}$: Periphere Zellen etwas geschrumpft, sonst wie oben; Karyotin häufig (besonders innere Zellen) körnig; Spindelfäden schwach, homogen oder im Inneren der Wurzel deutlich sichtbar.

$\times 2^{-6}, 2^{-7}$: Chromosomen und Spireme nicht glatt kontouriert, häufig miteinander gebrückt; sonst normal.

$\times 2^{-8}$: Ganz normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den übermaximalen Konzentrationen (3.3%$-\times 2^{-4}$) werden Zytoplasma und achromatische Fäden homogenisiert, Chromosomen und Kerne geschrumpft.

2. Karyokinese und Zytokinese erscheinen hier immer (3.3%$-\times 2^{-7}$) normal, abgesehen von der strukturellen Beeinflussung der Chromosomen und Spindelfäden, vgl. Sabline ('03), Mainx ('24).

3. An der Permeabilität des Protoplasmas für Chininchlorid kann aber kein Zweifel erhoben werden (vgl. Boresch ('14 S. 126), Szücs ('13 S. 107, 108) usw.).

4. Minimale wirksame Konzentration beträgt etwa 3.3×2^{-7}% oder 0.00065 Mol (vgl. Davenport ('08 S. 26), Bokorny ('12), Czapek ('13 S. 208, 209), Stiles und Jørgensen ('15a) usw.).

Wirkungen von Chininsulfat.

Stammlösung: gesättigte wässerige Lösung von schwefelsaurem Chinin (ca. 0.13% od. 0.0024 Mol).

Temperatur der Lösung: 28° C.

0.13%: Zellen teilweise zerstört; Zytoplasma homogen-gerinnselig (peripher ungeschrumpft) oder gerinnselig-filzig (innen geschrumpft); Kern geschrumpft, Karyotin homogen oder gerinnselig-flockig; Chromosomen gerinnselig, nicht glatt kontouriert, ungeordnet, zusammengedrückt usw., Längsspaltung deutlich

(häufig körnige Doppelreihen); Nukleolus unregelmässig, hoffrei; Spindelfiguren homogen; Zellplatte normal.

$\times 2^{-1}$: Alle Zellen gut nachfixiert; häufig „Karyolyse"; sonst normal. Teilungsfiguren sehr häufig angetroffen (auch unten).

$\times 2^{-2}$–2^{-5}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Die Wirkung des Chininsulfats ist dieselbe wie die des Chininchlorids. Der Unterschied zwischen beiden läuft lediglich auf den quantitativen hinaus.

2. Minimale wirksame Konzentration liegt bei $0.13\% \times 2^{-1}$, also 0.0012 Mol.

3. Chininsulfat scheint etwas langsamer in die Zellen einzudringen als das Chlorid (vgl. Boresch ('14 S. 126)).

4. Teilungsfördernde Wirkung macht sich hier deutlich bemerkbar ($\times 2^{-1}$–2^{-5}).

Wirkungen von Atropinsulfat.

Stammlösung: 5% wässerige Lösung von Atropinsulfat (ca. 0.097 Mol).

5%: Zellen grossenteils zerstört; Zytoplasma geschrumpft, mit Vakuolen.

$\times 2^{-1}$, 2^{-2}: Alle Zellen zerstört oder homogenisiert.

$\times 2^{-3}$, 2^{-4}, 2^{-5}: Alle Zellen fixiert, vereinzelt zerstört; Karyotin deutlich netzig; Spindelfäden deutlich; Kern häufig etwas verunstaltet; Zellplatte normal, häufig einseitig angelegt; Telophasenbrücken; Anaphase mit entfernten Tochteranlagen (Fig. 182, 183).

$\times 2^{-6}$: Alle Zellen normal fixiert; sonst so gut wie normal.

Zusammenfassung.

1. Mitosenanomalien werden bei den Konzentrationen $5\% \times 2^{-3}$–2^{-5} häufig beobachtet; Zellplattenbildung wird auch nicht selten etwas beeinflusst, während Spindelfäden immer deutlich aussehen.

2. Minimale wirksame Konzentration entspricht $5\% \times 2^{-6}$ oder 0.0015 Mol. (vgl. Davenport ('08 S. 24), Czapek ('13 S. 208, 209).)

3. Bei höheren Konzentrationen wirkt Atropinsulfat nur strukturzerstörend (5%–$\times 2^{-2}$).

Wirkungen von Morphinchlorid.

Stammlösung: gesättigte wässerige Lösung von salzsaurem Morphin (ca. 5.1% oder 0.14 Mol); Temperatur der Lösung (28° C).

Gesättigte Lösung: Zellen meist zerstört; Zytoplasma meist nicht von Zellwand

abgelöst, (periphere Zellen etwas geschrumpft), im Inneren der Wurzel homogen-vakuolig, peripher homogen-gerinnselig oder homogen-vakuolig; Karyotin homogen-gerinnselig; Chromosomen geschrumpft, verdickt, zusammengedrückt; Spindelfäden gerinnselig-vakuolig oder (besonders im Inneren der Wurzel) schwach angedeutet; Zellplatten etwas undeutlich; Anaphasenbrücken. (Fig. 184).

× 2^{-1}: Zellen vereinzelt zerstört oder homogenisiert; Zytoplasma meist nicht von Membran abgelöst, gerinnselig-vakuolig (peripher) oder gerinnselig-filzig mit Bläschen (innen); Karyotin häufig ausgehöhlt, Chromosomen häufig etwas geschrumpft, klumpig; Nukleolus zuweilen nicht kugelig; Spindelfäden nicht oder schwer sichtbar, auch gebogen. Zellplatte häufig undeutlich, auch seitlich angelegt; Anaphasen- und Telophasenbrücken, Metaphase mit etwas zusammengedrängten Chromosomen, Anaphase mit entfernten Tochteranlagen. Sonst normal.

× 2^{-2}: Periphere Zellen meist zerstört; Zytoplasma meist ungeschrumpft, filzig mit Bläschen; Chromosomen klumpig, verdickt, zerstreut, fragmentiert, stachelig, etwas zusammengedrückt; Nukleolus meist mit Hof; Spindelfäden ziemlich oder schwach angedeutet; Zellplatten zuweilen unsichtbar oder seitlich angelegt; ,,Karyolyse'', Anaphasenbrücken, Metaphase und Anaphase mit zerstreuten oder zusammengedrückten Chromosomen, Anaphase mit entfernten Tochteranlagen, tripolige Anaphase (Fig. 185).

× 2^{-3}: Häufig ,,Karyolyse''; Karyotin vereinzelt ausgehöhlt; Chromosomen etwas verunstaltet, fragmentiert usw.; Nukleolus meist mit Hof; Spindelfäden deutlich, auch verkürzt; Zellplatte normal; Anaphase mit entfernten Chromosomenhaufen. Sonst normal.

× 2^{-4}, 2^{-5}: Zellen vereinzelt zerstört; ,,Karyolyse'' häufig; Chromosomen etwas verunstaltet, häufig verspreizt; Nukleolus häufig mit Hof; Membranstrukturen (auch Spindelfäden) deutlich; Zellplatte normal; Anaphase und Metaphase mit zerstreuten Chromosomen; Anaphase mit entfernten Tochteranlagen. Sonst normal.

× 2^{-6}, 2^{-7}: Zellen vereinzelt sterbend oder homogenisiert; ,,Karyolyse''; Chromosomen verunstaltet, verdickt, ungeordnet, verspreizt, zerstreut, fragmentiert, miteinander verklebt; Nukleolus mit Hof; Spindelfäden deutlich; Zellplatte normal, häufig seitlich oder zentripetal angelegt; Anaphasen- und Telophasenbrücke; Telophase mit unregelmässigen oder entfernten Tochteranlagen; Metaphase mit anastomosierten Chromosomen.

× 2^{-8}: Zellen alle fixiert; Chromosomen noch etwas anomal (Fig. 186).

× 2^{-9}: So gut wie normal.

× 2^{-10}–2^{-13}: Normal.

Zusammenfassung.

1. Bei den Konzentrationen (× 2^{-1}–2^{-3}) sind verschiedene Typen von Mitosenanomalien reichlich vorhanden, während Zytokinese meistens normal verlaufen kann (vgl. Mainx ('24)).

2. Minimale wirksame Konzentration liegt so niedrig wie $\times 2^{-10}$ oder 0.00013 Mol.

3. Karyotin wird bei höheren Konzentrationen ($\times 2^{-1}$–2^{-3}) häufig ausgehöhlt und „Karyolyse“ ist überall weit verbreitet.

4. Diese beträchtliche Wirksamkeit des Morphins steht anscheinend im Widerspruch mit der schon häufig angegebenen schweren Eindringbarkeit (vgl. OVERTON ('01 S. 11, 14, 29), BORESCH ('20), LUNDEGÅRDH ('21 S. 317) usw.) sowie geringeren Giftigkeit (vgl. OVERTON ('01 S. 169), BOKORNY ('12 S. 13), PFEFFER ('04 S. 333, '21 S. 142), CIAMICIAN und RAVENNA ('20) usw.) des letzteren. Die Oberflächeninaktivität des Morphins schliesst auch die Teilnahme der Oberflächenwirkung (siehe unten) an der Wirksamkeit gänzlich aus, wenn die neuliche Angabe KOPACZEWSKIS ('22) zutrifft. Demgegenüber scheint unser Ergebnis anscheinend der Adsorptionstheorie FREUNDLICHS (siehe LEPESCHKIN ('24 S. 23)) über den geringen Fällungswert der Morphinionen zuzuneigen.

II. Theoretischer Teil.

Eigentlich soll dieser Teil der Abhandlung vor allem zur theoretischen, nämlich letzten Endes physikochemischen Besprechung bestimmt sein über die im experimentellen Teil angeführte strukturelle Beeinflussung verschiedenster Art, hervorgerufen durch künstlich hergestellte äussere Bedingungen. Da aber unsere vorstehenden Versuchsergebnisse wegen der unvollkommenen Versuchsanordnung vielleicht zu mangelhaft und dürftig sind, um aus so komplizierten Werdegängen, wie sie dabei unter den einzelnen Zellularelementen zuwege gebracht werden, irgend etwas allgemeines schliessen zu lassen, so müssen wir uns hier lediglich darauf beschränken, auf Grund eigener Beobachtung sowie des bis jetzt vorliegenden einschlägigen Tatsachenmaterials aus verschiedenen Literaturkreisen eine Reihe von scheinbaren Symbatien oder sogar womöglich nur zufällige Parallelitäten hervorzuheben, die unverkennbar zwischen den mannigfachsten hauptsächlich strukturellen Veränderungsmodalitäten und den physiologischen wie physikochemischen Faktoren der dazu führenden äusseren Agenzien zu bestehen scheinen.[1)]

Bevor wir des weiteren auf die theoretischen Erörterungen der Ergebnisse eingehen, möchten wir zunächst in aller Kürze über den Begriff der sogenannten „Konzentrationszonen" einiges vorausschicken. Allgemein gesprochen kann man, wie aus vorstehenden Versuchsreihen ohne weiteres hervorgeht, bei den gleich gesetzten Versuchsdauern (in unseren Fällen gewöhnlich 2stündige Wirkungsdauer) je nach der angewandten Konzentration der Chemikalien, dreierlei Wirkungszonen unterscheiden, wenn sich auch das Auseinanderhalten dieser drei Zonen, d. h. die genaue Feststellung der Grenze jeder Konzentrationszone nicht immer ganz leicht durchführen lässt. Letzteres gilt besonders von den Schwermetallsalzen und indifferenten Narkotika, wie weiter unten ausgeführt ist. Jedenfalls haben wir dabei nur etwas mehr als die Hälfte aller Wurzelzellen in Betracht gezogen, da alle Zellen in ein und derselben Wurzel nicht immer in gleicher Weise beeinflusst zu werden brauchen.[2)]

---

1) Die nachstehende physiologische und physikochemische Zusammenfassung wird so aufgestellt, dass sie auch noch in weiteren Mitteilungen volle Verwertung finden kann.

2) In anderen Fällen wird eine andere Strukturmodifikation (Homogenwerden der Kerne und des Zytoplasmas) als Mass der Entscheidung herangezogen (siehe unten).

In der ersten Wirkungszone, der sogenannten Fixierungskonzentration, wie sie den höheren Konzentrationen der Chemikalien entspricht, werden alle Zellelemente, ohne gründlicher oder nennenswerter Zerstörung anheimzufallen, anständig beibehalten bezw. fixiert. Hier sind die Zellen im Laufe der Wirkung offenbar völlig abgestorben. In gewissen Fällen, z. B. häufig bei Alkalien oder alkalisch reagierenden Chemikalien, wird diese durch die „Lösungskonzentration" ersetzt. Der Unterschied zwischen beiden beruht jedoch nur auf der quantitativen Frage, nicht auf der qualitativen. Vereinzelt kann dieser Zone noch eine andere vorangehen, nämlich eine Art Zerstörungszonen, welche aber unten ganz ausser Acht gelassen wird. Eine breite Fixierungszone deutet ohne Zweifel darauf hin, dass die betreffenden Chemikalien zur Fixierung der Zellenstrukturen sehr geeignet sind. Der Optimalpunkt und die unterste Grenze dieser Wirkungszone werden häufig als Massstab für die relative Wirksamkeit bezw. Giftigkeit der Substanz herangezogen (vgl. oben, experimentellen Teil), was jedoch nicht immer einwandfrei zu sein scheint.

Bei den verdünnteren Lösungen der Substanzen liegt die Sache so, dass die Zellen allerlei Strukturanomalien aufweisen, ohne aber vor der Fixierung der Materialien dem Tode zu verfallen. Diesem entspricht die sogenannte „wirksame Konzentration". Verschiedenste Typen der Teilungsanomalien, wie man schon des öfteren Gelegenheit gehabt hat, sie im experimentellen Teil anzutreffen, treten meistens hier hervor. Die Breite dieser Konzentrationszone lässt ermessen, wie gross die eigentliche physiologische Wirksamkeit oder Giftigkeit der Substanz ist. Der Minimalpunkt der Zone fällt natürlich auf die minimale Dosis der Wirksamkeit, welche jedoch morphologischerweise häufig nicht leicht zu bestimmen ist.

Zwischen beiden oben angeführten Konzentrationszonen liegt gewöhnlich noch ein, nämlich die „Zerstörungskonzentrationszone", welche häufig da schlechthin als „tötliche Konzentration" bezeichnet wird, wo die betreffende Substanz keine vorhergehende eigentliche Fixierungszone aufweist, wie bei den meisten geprüften Erdalkali- und Alkalisalzen. Streng genommen, scheint sich diese besondere Zone nicht aufrechterhalten zu können, indem sie in den beiden, der vor- und nachstehenden Zone, aufgeht. Für diesen Moment wären die Mehrzelligkeit der angewandten Materialien, Diffusionsgeschwindigkeit der verschiedenen Lösungen und weiter das nur langsam eintretende Reaktionsgleichgewicht von Bedeutung. Man kann sich auch hier leicht denken, dass diese strukturelle Zerstörung erst bei der Nachbehandlung,

z. B. Auswaschen mit Wasser, Nachfixierung, etwa durch sogenannte „Schreckwirkung" des Konzentrationswechsels usw. eintreten mag. In der Tat ergibt sich aus einer Reihe von Parallelversuchen, dass es nicht selten wirklich der Fall ist, z. B. bei verschiedenen Alkalisalzen, Alkoholen usw. Aus diesen und anderen hier nicht auszuführenden Gründen scheint es richtiger zu sein, aus einer breiten Zerstörungszone im allgemeinen auf das Nichtgeeignetsein der betreffenden Chemikalien zur Gewebefixierung zu schliessen und weiter den minimalen Grenzpunkt als die minimale tötliche Konzentration hinzustellen.

Übersichtlichkeitshalber möchten wir nachstehend jede Konzentrationszone für ausprobierte Chemikalien tabellarisch anführen.

Tabellarische Übersicht der verschiedenen Konzentrationszonen.

1. Anorganische Säuren.

Stammlösung	Fixierungskonzentration	Zerstörungskonzentration	Wirksame Konzentration
H Cl (11.56M)	$\times 2^{-2}$ -2^{-7} (2.89M) (0.090M)? pH = −0.56 −1.05	$\times 2^{-8}$ -2^{-12} (0.045M) (0.0028M) 1.2 −2.3	$\times 2^{-13}$ -2^{-15} (0.0014M) (0.0003M) 2.4 −3.1
HNO_3 (2% = 0.26M)	-2^{-3} (0.025M) pH = −1.4	$\times 2^{-4}$ -2^{-7} (0.016M) (0.0020M) 1.7 −2.4	$\times 2^{-7}$ -2^{-9} (0.0020M) (0.0005M) 2.4 −3.0
H_2SO_4 (1.83M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-5} (0.915M) (0.057M) pH = 0.009 −1.12	$\times 2^{-6}$ -2^{-10} (0.028M) (0.00179M) 1.3 −2.3	$\times 2^{-11}$ -2^{-14} (0.00089M) (0.00011M) 2.5 − <3.8
H_2CrO_4 (M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-4} (0.5M) (0.0625M) pH = ? −1.4	$\times 2^{-5}$ -2^{-8} (0.031M) (0.0039M) 1.6 −2.4	$\times 2^{-9}$ -2^{-10} (0.0019M) (0.00097M) 2.7 −3.0
H_3PO_4 (M)	-2^{-1} (0.5M) pH = −1.4	$\times 2^{-1}$ -2^{-7} (0.5M) (0.0078M) 1.4 −2.4	$\times 2^{-8}$ -2^{-12} (0.0039M) (0.00024M) 2.6 −3.6
H_2PtCl_6 (2% = 0.04M)	-2^{-4} (0.0025M) pH = −2.2	$\times 2^{-5}$ -2^{-7} (0.00125M) (0.0003M) 2.4 −3.0	$\times 2^{-8}$ − ? (0.00016M) 3.3
Phosphormolybdänsäure (sätt. = 0.5%)	nicht ermittelbar	-2^{-3} (0.07%) −2.4	$\times 2^{-4}$ $-(2^{-9})$ (0.032%) 2.8 −(3.9)
Arsenigsäure As_2O_3 (sätt. = 0.08M)	„	-2^{0} (0.08M) −3.4	$\times 2^{-1}$ $-(2^{-8})$ (0.04M) (0.0003M) 3.7 −5.2
H_3BO_3 (M)	„	-2^{-1} (0.5M) −3.9	$\times 2^{-2}$ -2^{-7} (0.25M) (0.0078M) 4.5 −5.2
OsO_4 (2% = 0.078M)	-2^{-2} (0.0195M)	$\times 2^{-3}$ -2^{-6} (0.0097M) (0.0012M)	$\times 2^{-7}$ − (?) (0.0006M)
H_2O_2 (3% = 1M)	nicht ermittelbar	nicht ermittelbar	$\times 2^{-2}$ -2^{-3} (0.25M) (0.125M)

2. Alkalien.

Stammlösung	Lösungs-Konzentration	Zerstörungs-Konzentration	Wirksame Konzentration
KOH (M)	$\times 2^{0}$ -2^{-5} (M) (0.031M) pH=14.0 −12.6	fehlt	$\times 2^{-6}$ -2^{-10} (0.0156M) (0.00097M) 12.3 −10.9
Eau de Javelle	$\times 2^{0}$ -2^{-3} (1/8) pH=? ?	$\times 2^{-4}$ (1/16) ?	$\times 2^{-5}$(1/32) -2^{-6}(1/64) ? −? (2^{-7}=pH 10.0)
NH_3 (18M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-6} (9M) (0.28M) pH=? ?	$\times 2^{-7}$ (0.14M) — ?	$\times 2^{-8}$ -2^{-12} (0.07M) (0.0043M) ? >10.0

3. Schwermetallsalze.

Stammlösung	Fixierungs-Konzentration	Zerstörungs-Konzentration	Wirksame Konzentration
$AuCl_3$ (1% = 0.033M)	$\times 2^{0}$ -2^{-1} (0.033M) (0.014M) pH=? ?	$\times 2^{-2}$ -2^{-5} (0.007M) (0.001M) ? ?	$\times 2^{-6}$ -2^{-7} (0.0005M) (0.00025M) ? <2.9
$AgNO_3$ (M)	$\times 2^{0}$ -2^{-5} (1M) (0.031M) pH=5.2 5.2	$\times 2^{-6}$ -2^{-7} (0.0156M) (0.0078M) 5.2 5.2	$\times 2^{-8}$ $-(2^{-13})$ (0.0039M) (0.00012M) 5.2 5.2
$CuSO_4$ (M	$\times 2^{0}$ -2^{-2} (1M) (0.25M) pH=3.7 −3.8	$\times 2^{-3}$ -2^{-7} (0.125M) (0.0078M) 3.9 −4.6	$\times 2^{-8}$ -2^{-16} (0.0039M) (0.000015M) 4.8 −5.2
$HgCl_2$ (1/10M)	$\times 2^{0}$ -2^{-3} (0.1M) (0.0125M) pH=3.5 −3.8	$\times 2^{-4}$ -2^{-5} (0.00625M) (0.0031M) 4.0 −4.1	$\times 2^{-6}$ -2^{-8} (0.00156M) (0.00039M) 4.2 −4.6
$ZnCl_2$ (M)	$\times 2^{1}$ -2^{-2} (2M) (0.25M) pH=5.8 −6.3	$\times 2^{-2}$ -2^{-3} (0.25M) (0.125M) 6.3 −6.6	$\times 2^{-4}$ -2^{-8} (0.0625M) (0.0039M) 6.7 −6.4
$ZnSO_4$ (M)	$\times 2^{1}$ — (2M) pH=5.1	$\times 2^{0}$ -2^{-1} (M) (0.5M) 5.2 5.2	$\times 2^{-2}$ -2^{-9} (0.25M) (0.0019M) 5.2 5.2
$CdCl_2$ (M)	$\times 2^{1}$ -2^{-2} (2M) (0.25M) pH<1.0 =1.2	$\times 2^{-3}$ -2^{-5} (0.125M) (0.031M) 1.6 −2.1	$\times 2^{-6}$ -2^{-12} (0.0156M) (0.00024M) 2.3 −3.9
$SnCl_2$ (M)	$\times 2^{0}$ -2^{-4} (M) (0.0625M) pH=1.2 −2.2	$\times 2^{-4}$ -2^{-5} (0.0625M) (0.03125M) 2.2 −2.4	$\times 2^{-6}$ -2^{-11} (0.0156M) (0.00048M) 2.6 −3.5
$Pb(NO_3)_2$(M)	$\times 2^{-2}$ -2^{-5} (0.25M) (0.031M) pH=4.0 −4.5	fehlt	$\times 2^{-6}$ $-(2^{-9})$ (0.0156M) (0.0019M) 4.7 −(5.0)
$Pb(CH_3CO_2)_2$(M)	$\times 2^{-2}$ -2^{-5} (0.25M) (0.031M) pH=6.0 6.0	fehlt	$\times 2^{-6}$ $-(2^{-9})$ (0.0156M) (0.0019M) 5.9 −5.7

Stammlösung	Fixierungs-Konzentration	Zerstörungs-Konzentration	Wirksame Konzentration
$FeCl_3$ (M)	$\times 2^{-1}$ — 2^{-6} (0.5M) (0.0156M) pH=1.6 —2.4	$\times 2^{-7}$ — 2^{-10} (0.0078M) (0.00097M) 2.4 —3.0	$\times 2^{-11}$ — 2^{-13} (0.00048M) (0.00012M) 3.4 —3.8
$FeSO_4$ (M)	nicht ermittelbar	$\times 2^{-1}$ — 2^{-2} (0.5M) (0.25M) pH=3.5 —3.7	$\times 2^{-3}$ — 2^{-12} (0.125M) (0.00024M) 3.8 —4.8
$NiSO_4$ (M)	"	$\times 2^{-1}$ — (0.5M) pH=5.2	$\times 2^{-2}$ — 2^{-10} (0.25M) (0.00097M) 5.2 5.2
$CoCl_2$ (M)	"	$\times 2^{-1}$ — 2^{-2} (0.5M) (0.25M) pH=5.0 5.0	$\times 2^{-3}$ — 2^{-11} (0.125M) (0.00048M) 5.0 —5.2
$CoSO_4$ (M)	"	$\times 2^{0}$ — 2^{-1} (1M) (0.5M) pH=5.4 5.4	$\times 2^{-2}$ — 2^{-11} (0.25M) (0.00048M) 5.4 —5.2
$MnSO_4$ (M)	"	$\times 2^{0}$ — 2^{-1} (1M) (0.5M) pH=5.7 —5.5	$\times 2^{-2}$ — 2^{-4} (0.25M) (0.0625M) 5.4 —5.2

4. Erdmetallsalze.

Stammlösung	Fixierungs-konzentration	Tötliche Konzentration	Wirksame Konzentration
$MgSO_4$ (M)	nicht ermittelbar	$\times 2^{-1}$ (0.5M) pH=6.3	$\times 2^{-2}$ — 2^{-5} (0.25M) (0.03125M) 6.2 —5.5
$AlCl_3$ (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) pH=3.6	$\times 2^{-1}$ — 2^{-6} (0.5M) (0.0156M) 3.9 —4.2
$Al_2(SO_4)_3$ (10% = 0.29M)	"	nicht ermittelbar	$\times 2^{0}$ — 2^{-2} (0.29M) (0.072M) pH=1.7 —2.2

5. Erdalkalisalze.

Stammlösung	Fixierungs-konzentration	Tötliche Konzentration	Wirksame Konzentration
$SrCl_2$ (M)	fehlt	$\times 2^{-1}$ (0.5M) -2^{-2} (0.25M) pH=5.8 −5.7	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-6} (0.0156M) 5.6 −5.2
$BaCl_2$ (M)	"	$\times 2^{-1}$ (0.5M) -2^{-2} (0.25M) pH=5.4 −5.2	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-6} (0.0156M) 5.2 5.2
$CaCl_2$ (M)	"	$\times 2$ (2M) -2^{-1} (0.5M) pH>10.0 =9.0	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-6} (0.0156M) 8.4 −5.5

6. Alkalisalze.

Stammlösung	Fixierungs- oder Lösungskonzentration	Tötliche Konzentration	Wirksame Konzentration
K Cl (M)	fehlt	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-1} (0.5M)	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-6} (0.0156M)
Na Cl (M)	"	$\times 2$ (2M) -2^{-1} (0.5M)	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-3} (0.125M)
Li Cl (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-3} (0.125M)	$\times 2^{-4}$ (0.0625M) -2^{-5} (0.03125M)
NH_4 Cl (M)	"	$\times 2$ (2M) -2^{-1} (0.5M)	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-5} (0.03125M)
NH_4 SCN (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-1} (0.5M)	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-8} (0.0039M)
$(NH_4)_2$ SO_4 (M)	"	$\times 2$ (2M) -2^{-2} (0.25M)	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-6} (0.015M)
K_2 SO_4 (M)	"	$\times 2^{-1}$ (0.5M) -2^{-3} (0.25M)	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-4} (0.0625M)
Na_2 SO_4 (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-2} (0.25M)	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-5} (0.03125M)
KNO_3 (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-1} (0.5M)	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-5} (0.03125M)
K Br (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-2} (0.25M)	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-4} (0.0625M)
KJ (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M) -2^{-2} (0.25M)	$\times 2^{-3}$ (0.125M) -2^{-4} (0.0625M)
K Cl O_3 (M)	"	$\times 2^{-2}$ (0.25M) -2^{-3} (0.125M)	$\times 2^{-4}$ (0.0625M) -2^{-9} (0.00195M)

Stammlösung	Fixierungs- oder Lösungskonzentration	Tötliche Konzentration	Wirksame Konzentration
$KMnO_4$ (M)	fehlt	× 2^{-2} — 2^{-6} (0.25M) (0.0156M)	× 2^{-7} — 2^{-21} (0.0078M) (0.00000046M)
$K_4Fe(CN)_6$ (M)	„	× 2^{-1} — 2^{-3} (0.5M) (0.125M)	× 2^{-4} — 2^{-8} (0.0625M) (0.0039M)
$K_3Fe(CN)_6$ (M)	„	× 2^{0} — 2^{-2} (1M) (0.25M)	× 2^{-3} — 2^{-8} (0.125M) (0.0039M)
K_2CrO_4 (M)	„	× 2^{-2} (0.25M) pH = ?	× 2^{-3} — 2^{-5} (0.125M) (0.03125M) ? >10.0
$K_2Cr_2O_7$ (M)	× 2^{-1} — 2^{-3} (0.5M) (0.125M) pH = 3.6 — 3.8	× 2^{-4} (0.0625M) 3.8	× 2^{-5} — 2^{-8} (0.03125M) (0.0039M) 4.0 — 4.2
KCN (M)	fehlt	× 2^{-1} — 2^{-3} (0.5M) (0.125M) pH = 11.6 — 11.3	× 2^{-4} — 2^{-8} (0.0625M) (0.0039M) 11.2 — 10.7
Na_2SO_3 (M)	× 2^{0} (1M) pH = 10.33	× 2^{-1} — 2^{-3} (0.5M) (0.125M) 10.26 — 10.0	× 2^{-4} — 2^{-8} (0.0625M) (0.0039M) 9.9 — 9.1
$Na_2S_2O_3$ (M)	× 2^{0} (1M) pH = 6.6	× 2^{-1} — 2^{-2} (0.5M) (0.25M) 6.4 — 6.2	× 2^{-3} — 2^{-8} (0.125M) (0.0039M) 5.9 — 5.2
Na_2CO_3 (M)	× 2^{0} — 2^{-4} (1M) (0.0625M) pH = 10.98 — 11.2	× 2^{-5} — 2^{-7} (0.03125M) (0.0078M) 11.17 — 10.96	× 2^{-8} — 2^{-11} (0.0039M) (0.00048M) 10.8 — 10.2
$NaHCO_3$ (M)	× 2^{0} (1M) pH = 8.4	× 2^{-1} — 2^{-2} (0.5M) (0.25M) 8.4 — 8.5	× 2^{-3} — 2^{-7} (0.125M) (0.0078M) 8.6 — 8.5
$Na_2B_4O_7$ ($^1/_{10}$M)	fehlt	× 2^{0} — 2^{-2} (0.1M) (0.025M) pH = 9.4 9.4	× 2^{-3} — 2^{-4} (0.0125M) (0.00625M) 9.2 9.2

7. Organische Säuren.

Stammlösung	Fixierungs-konzentration	Zerstörungs-konzentration	Wirksame Konzentration
Ameisensäure (50% = 10.87M)	$\times 2^{0}$ -2^{-8} (10.87M) (0.0425M) pH = 0.21 –2.3	$\times 2^{-9}$ -2^{-12} (0.0212M) (0.00266M) 2.6 –3.0	$\times 2^{-13}$ -2^{-16} (0.00133M) (0.00017M) 3.0 =3.7
Essigsäure (M) (100% = 16.6M)	-2^{-2} (0.25M) pH = 2.5	$\times 2^{-3}$ -2^{-5} (0.125M) (0.0313M) 2.6 –2.8	$\times 2^{-6}$ -2^{-8} 0.0156M) (0.0039M) 3.0 –3.4
Trichloressig-säure (M)	-2^{-5} (0.03125M) pH = 1.4	$\times 2^{-6}$ -2^{-9} (0.0156M) (0.00195M) 1.7 –2.4	$\times 2^{-10}$ -2^{-12} (0.00097M) (0.00024M) 2.6 –3.3
Buttersäure (100% = 11.37M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-4} (5.685M) (0.71M) pH = 1.4 –2.2	$\times 2^{-5}$ -2^{-11} (0.355M) (0.00546M) 2.5 –3.3	$\times 2^{-12}$ -2^{-14} (0.00273M) (0.00068M) 3.4 –3.8
Oxalsäure (M)	$\times 2^{0}$ -2^{-4} (1M) (0.0625M) pH = 0.58 –1.3	$\times 2^{-5}$ -2^{-7} (0.03125M) (0.0078M) 1.5 –2.0	$\times 2^{-8}$ -2^{-9} (0.0039M) (0.00195M) 2.2 –2.5
Fumarsäure (1/10M)	fehlt	$\times 2^{-2}$ -2^{-4} (0.025M) (0.00625M) pH = 2.2 –2.4	$\times 2^{-5}$ -2^{-9} (0.00313M) (0.000195M) 2.4 –3.2
Bernsteinsäure (M)	„	$\times 2^{-2}$ -2^{-5} (0.25M) (0.03125M) pH–2.2 –2.8	$\times 2^{-6}$ -2^{-10} (0.0156M) (0.00097M) 2.9 –3.4
Äpfelsäure (M)	$\times 2$ -2^{-3} (2M) (0.125M) pH = 1.3 –2.0	$\times 2^{-4}$ -2^{-8} (0.0625M) (0.0039M) 2.2 –2.8	$\times 2^{-9}$ -2^{-11} (0.00195M) (0.00048M) 3.0 –3.3
Weinsäure (M)	$\times 2$ -2^{-4} (2M) (0.0625M) pH = 1.0 2.0	$\times 2^{-5}$ -2^{-7} (0.03125M) (0.0078M) 2.2 –2.4	$\times 2^{-8}$ -2^{-11} (0.0039M) (0.00048M) 2.6 –3.1
Zitronensäure (M)	$\times 2^{0}$ -2^{-3} (1M) (0.125M) pH = 1.3 –1.9	$\times 2^{-4}$ -2^{-7} (0.0625M) (0.0078M) 2.2 –2.4	$\times 2^{-8}$ -2^{-12} (0.0039M) (0.00024M) 2.5 –3.4
Pikrinsäure (1% = 0.044M)	$\times 2^{0}$ –? (0.044M) pH = 1.2	-2^{-4} (0.00275M) –2.8	$\times 2^{-5}$ -2^{-12} (0.00138M) (0.000011M) 3.0 –4.6
Salizylsäure (1/100M)	fehlt	$\times 2^{-1}$ -2^{-2} (0.005M) (0.0025M) pH = 2.4 –2.5	$\times 2^{-3}$ -2^{-6} (0.00125M) (0.000156M) 2.9 –3.8
Gallussäure (1/200M)	„	$\times 2^{0}$ (0.005M) pH = 2.8	$\times 2^{-1}$ -2^{-5} (0.0025M) (0.000156M) 2.9 –3.5

8. Salze organischer Säuren.

Stammlösung	Fixierungskonzentration	Zerstörungskonzentration	Wirksame Konzentration
Na-Formiat (M)	fehlt	×2 (2M) −2^{-1} (0.5M) pH=10.1 −10.3	×2^{-2} (0.25M) −2^{-6} (0.0156M) 10.35 −10.0
Na-Azetat (M)	„	×2 (2M) −2^{-1} (0.5M) pH=9.1 −8.4	×2^{-2} (0 25M) −(2^{-6}) (0.0156M) 8.0 −7.0
NH_4-Oxalat (M)	„	×2^{-2} (0.25M) −2^{-3} (0.125M)	×2^{-4} (0.0625M) −2^{-9} (0.00195M)
Na-Salizylat (M)	„	×2^{0} (1M) −2^{-2} (0.25M)	×2^{-3} (0.125M) −(2^{-8}) (0.0039M)

9. Andere organische Verbindungen.

Stammlösung	Fixierungskonzentration	Zerstörungskonzentration	Wirksame Konzentration
Methylalkohol (100% =31.25M)	×2^{0} (31.25M) −2^{-2} (7.81M)	×2^{-2} (7.81M)	×2^{-3} (3.9M) −2^{-6} (0.49M)
Äthylalkohol (100% =21.7M)	×2^{0} (21.7M) −2^{-2} (5.42M)	×2^{-3} (2.71M)	×2^{-3} (2.71M) −2^{-7} (0.17M)
Butylalkohol (8% =0.86M)	−2^{-2} (0.22M)	×2^{-2} (0.22M)	×2^{-3} (0.11M) −2^{-4} (0.05M)
Isoamylalkohol (3% =0.288M)	−2^{0} (0.288M)	−2^{-1} (0.144M)	×2^{-1} (0.144M) −2^{-2} (0.072M)
Amylenhydrat (4% =0.37M)	fehlt	−2^{0} (0.37M)	×2^{-1} (0.185M) −2^{-2} (0.0925M)
Formaldehyd (30% =10M)	×2^{0} (10M) −2^{-4} (0.625M)	×2^{-5} (0.3125M)	×2^{-6} (0.16M) −2^{-8} (0.039M)
Chloralhydrat (M)	×2^{0} (1M) −2^{-1} (0.5M) pH=2.9 −3.3	×2^{-2} (0.25M) −2^{-3} (0.125M) 3.7 −4.0	×2^{-4} (0.0625M) −2^{-7} (0.0078M) 4.3 −5.0
Glyzerin (100% =10.87M)	fehlt	×2^{-1} (5.435M) −2^{-3} (1.36M)	×2^{-4} (0.68M) −2^{-6} (0.17M)
Rohrzucker (M)	„	−2^{-1} (0.5M)	×2^{-2} (0.25M) −2^{-4} (0.0625M)

Stammlösung	Fixierungs-konzentration	Zerstörungs-konzentration	Wirksame Konzentration
Azeton (100% = 18M)	$\times 2^{0}$ -2^{-1} (18M) (9M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-2} (9M) (4.5M)	$\times 2^{-3}$ -2^{-6} (2.25M) (0.28M)
Äthyläther (10% = 0.96M)	fehlt	$\times 2^{0}$ (0.96M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-2} (0.48M) (0.24M)
Chloroform (gesätt. = 0.06M)	"	$\times 2^{0}$ -2^{-1} (0.06M) (0.03M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-4} (0.03M) (0.0037M)
Harnstoff (M)	"	$\times 2^{0}$ (1M)	$\times 2^{-1}$ $-(2^{-3})$ (0.5M) (0.125M)
Anilin (3% = 0.32M)	$\times 2^{0}$ -2^{-1} (0.32M) (0.16M) pH 7.4 7.4	$\times 2^{-2}$ (0.08M) 7.4	$\times 2^{-3}$ -2^{-8} (0.04M) (0.0012M) 7.2 −6.1
Pyridin (100% = 12.66M)	fehlt	$\times 2^{0}$ -2^{-5} (12.66M) (0.4M) pH > 9.0 = 9.0	$\times 2^{-6}$ -2^{-12} (0.2M) (0.003M) 8.6 −7.0
Phenol (M)	$\times 2^{-1}$ -2^{-4} (0.5M) (0.0625M) pH > 9.0 = 9.4	$\times 2^{-5}$ (0.03125M) 9.0	$\times 2^{-6}$ -2^{-9} (0.0156M) (0.0019M) 8.6 −7.8
Morphinchlorid (gesätt. = 0.14M)	fehlt	$\times 2^{0}$ -2^{-1} (0.14M) (0.07M)	$\times 2^{-2}$ -2^{-10} (0.035M) (0.00013M)
Atropinsulfat (5% = 0.097M)	"	$\times 2^{0}$ -2^{-2} (0.097M) (0.024M)	$\times 2^{-3}$ -3^{-6} (0.012M) (0.0015M)
Kokainchlorid (2% = 0.059M)	$\times 2^{0}$ (0.059M) pH = 3.5	$\times 2^{-1}$ (0.0495M) 3.7	$\times 2^{-2}$ -2^{-4} (0.0247M) (0.0037M) 3.9 −4.5
Chininchlorid (gesätt. = 0.083M)	fehlt	$\times 2^{0}$ -2^{-3} (0.083M) (0.0104M) pH = 6.8	$\times 2^{-4}$ -2^{-7} (0.0052M) (0.00035M)
Chininsulfat (gesätt. = 0.0024M)	"	$\times 2^{0}$ (0.0024M) pH = 6.5	-2^{-1} (0.0012M)

Über die Saurewirkung.

Ehe wir weiter auf die physikochemischen Betrachtungen der Wirkungsweise verschiedener chemischer Agentien näher eingehen, sei es uns gestattet, hier eine gedrängte allgemeine Bemerkung über die morphologische sowie physiologische Wirkung der Säuren und Schwermetallsalze vorauszuschicken, da die beiden letzteren zu unserer gebräuchlichen Beobachtungsmethodik der zellularen Strukturen in der engsten Beziehung zu stehen scheinen.

Über die strukturelle Beeinflussung der Zellen durch anorganische Säuren (HCl, HNO_3, H_2SO_4, CrO_3, H_3PO_4, H_2PtCl_6, Phosphormolybdänsäure) lässt sich Folgendes zusammenfassen[1]:—

1. Karyotin weist netzige oder sogar vakuolige Struktur auf.
2.[2] Spindelfiguren pflegen bei den allermeisten Konzentrationen deutlich fädig zu erscheinen (Ausnahme: HNO_3).
3. Zytoplasma schrumpft häufig mehr oder minder.
4.[2] Membranartige Strukturen der Zellen (Hautschicht, Kernmembran, Vakuolenhaut, streifige oder filzige Struktur des Zytoplasmas, Bläschenkörper im Zytoplasma (verunstaltete Leukoplasten ?) und weiter Aussenhülle der Chromosomen, achromatische Fäden usw.) sind vielmehr verdeutlicht unter Verlust der homogen färbbaren Substanz.
5.[2] Nukleolus ist leicht entfärbbar (Ausnahme: CrO_3, H_3PO_4) und häufig mit einem hellen Hof umgeben.
6. Hier tritt ein Beispiel für das Zusammenkommen des partiell gelösten Karyotins und Nukleolushofes (besonders bei HNO_3) auf.

Fernerhin wird aus Tabelle 1 Folgendes ersichtlich:—

1. Ausser Phosphorsäure und Phosphormolybdänsäure kommt den anorganischen Säuren eine mässig breite Fixierungszone zu.
2. Der pH-Wert bei der minimalen Fixierungskonzentration liegt im allgemeinen bei 1.4 oder niedriger, mit Ausnahme von H_2PtCl_6, wo man auch aus anderen Gründen mit Recht noch die Anionenwirkung annehmen muss.
3. Zerstörungszonen haben eine verschiedene Breite.
4. Minimale Grenze der Zerstörungskonzentration fällt gerade mit pH=2.3–2.4 zusammen. Auch hier stellt H_2PtCl_6 eine Ausnahme dar.
5. Hier zeigt sich eine verhältnismässig schmale Zone der Wirksamkeit (Zonenbreite meist nur 2^2 oder 2^3), wo Mitosenanomalien sehr dürftig, Ausbleiben der Zytokinesen niemals vorkommen.
6. pH-Wert der minimalen wirksamen Konzentration fällt je nach der Säure sehr verschieden aus (pH=3.0–3.9).
7. Bei Arsenigsäure und Borsäure kommen ($H^{\cdot}$)-Ionen kaum zur Wirkung.

---

1) Für Näheres über die einzelnen Strukturmodifikationen und Mitosenanomalien vgl. unten besondere Abschnitte.

2) Diese gelten auch für die meisten organischen Säuren (siehe experimentellen Teil), vgl. FROMMANN ('84 S. 303).

Im Vergleiche mit anorganischen Säuren verhalten sich organische Säuren, selbst innerhalb derselben Gruppe, voneinander sehr verschieden, was auch aus der Tabelle 7 deutlich hervorgeht.

Aus Tabellen 1 und 7 ergeben sich folgende Wirksamkeitsreihen:—

Bei den anorganischen Säuren :—

1. Betreffs minimaler Fixierungskonzentration :



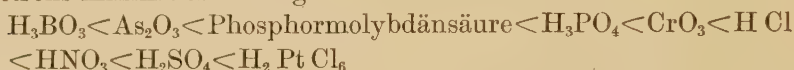
$H_3PO_4 < H\,Cl < CrO_3 < H_2\,SO_4 < H\,NO_3 < H_2Pt\,Cl_6$

Daraus folgt Anionenreihe des Fixierungsvermögens :



$PO_4 < Cl < CrO_3 < SO_4 < NO_3 < Pt\,Cl_6$

2. Betreffs minimaler Tötungskonzentration :



$H_3BO_3 < As_2O_3 <$ Phosphormolybdänsäure $< H_3PO_4 < CrO_3 < H\,Cl$
$< HNO_3 < H_2SO_4 < H_2\,Pt\,Cl_6$

Daraus folgt eine Anionenreihe von Giftigkeit (abgesehen von der Molekularwirkung) :



$PO_4 < CrO_3 < Cl < NO_3 < SO_4 < Pt\,Cl_6$

3. Bezüglich minimaler wirksamer Konzentration :



$H_3BO_3 < CrO_3 < HNO_3 < H\,Cl < H_3PO_4 < H_2SO_4$

Bei den organischen Säuren :—

1. Bezüglich der minimalen Fixierungskonzentration :
   (a) Aus Mol. Konzentration :
   Buttersäure < Essigsäure < Äpfelsäure, Zitronensäure < Weinsäure, Oxalsäure < Ameisensäure < Trichloressigsäure
   (b) Aus pH-Wert :
   Oxalsäure < Trichloressigsäure < Zitronensäure < Äpfelsäure, Weinsäure < Buttersäure < Ameisensäure < Essigsäure
2. Bezüglich der minimalen tötlichen Konzentration :
   (a) Aus Mol. Konzentration :
   Essigsäure < Bernsteinsäure < Weinsäure, Zitronensäure, Oxalsäure < Fumarsäure < Buttersäure < Äpfelsäure < Pikrinsäure < Ameisensäure < Salizylsäure, Gallussäure < Trichloressigsäure
   (b) Aus pH-Wert :
   Oxalsäure < Trichloressigsäure, Fumarsäure, Weinsäure, Zitronensäure < Salizylsäure < Essigsäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure, Pikrinsäure < Ameisensäure < Buttersäure
3. Bezüglich der minimalen wirksamen Konzentration :
   (a) Aus Mol. Konzentration :
   Essigsäure < Oxalsäure < Bernsteinsäure < Buttersäure < Äpfelsäure, Weinsäure < Trichloressigsäure, Zitronensäure < Fumarsäure < Ameisensäure < Salizylsäure, Gallussäure < Pikrinsäure

(b) Aus pH-Wert:

Oxalsäure < Weinsäure < Fumarsäure < Trichloressigsäure, Äpfelsäure < Essigsäure, Bernsteinsäure, Zitronensäure < Gallussäure < Ameisensäure < Buttersäure, Salizylsäure < Pikrinsäure.

Alles obenstehende beweist mit Deutlichkeit, dass bei den organischen Säuren ausser Trichloressigsäure, welche sich ganz wie Mineralsäuren verhält, immer die Anionen- oder Molekularwirkung erheblich in den Vordergrund tritt (vgl. unten).

Über die Wirkung von Alkalien sei Folgendes hervorgehoben (vgl. Tabelle 2 und experimentellen Teil):—

1. Es fehlt hier eigentlich eine Fixierungskonzentration, die aber die Lösungskonzentration vertritt.
2. Ebensowenig tritt hier eine Zerstörungszone hervor.
3. Bei den wirksamen Konzentrationen kommt eine spärliche Menge von Mitosenanomalien (ausser NH_3; noch seltener als Mineralsäuren) zum Vorschein.
4. Nach alledem unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass (OH)-Ionen nur erst nach dem Tode der Zellen in das Protoplasma merklich eindringen können.

Um zu sehen, inwieweit die oben erwähnte morphologische Wirksamkeit mit den einschlägigen bisher von physiologischer Seite aus gemachten Beobachtungen in Einklang zu bringen ist, wollen wir unten einige Literaturangaben über die Säurewirkung zusammenstellen.

Über die Gegensätzlichkeit der Wirksamkeit zwischen anorganischen und organischen Säuren ist schon lange Manches diskutiert worden (z. B. von Loeb ('09), Brenner ('17–'18), Hind ('16) usw. gegenüber Kahlenberg und True ('99) und Czapek ('10, '11) usw.). Unsere zytomorphologischen Befunde konnten auch auf überzeugende Weise beweisen, dass in mancher Hinsicht sich die beiden Arten der Säuren voneinander sehr verschieden verhalten, was auch von vornherein aus einer Reihe von abweichenden physikochemischen Beschaffenheiten, z. B. Dissoziationskonstante, Oberflächenaktivität, Lipoidlöslichkeit usw. zu erwarten ist. Da es somit ganz absurd wäre, die beiden Gruppen der Säuren überhaupt von einheitlichem Gesichtspunkt aus in Betracht zu ziehen, so werden wir nur der Kürze halber alle beide gemeinsam behandeln, wie es bisher häufig getan wurde.

Was zuerst die Permeabilität des Protoplasmas für Säuren angeht, so steht nunmehr soviel fest, dass alle Säuren überhaupt in die lebenden Zellen Eingang finden können. Über die relative Leichtigkeit, mit der jede Säure in das Protoplasma permeiert, gehen die Angaben verschie-

dener Forscher noch auseinander. Während nach PFEFFER ('21 S. 125), DE VRIES ('85 S. 546), KLEMM ('95 S. 688), HIND ('16) usw. alle mineralen Säuren gleich leicht in die lebenden Zellen hineingehen können, haben die physiologischen Versuche, welche von CLARK ('99 S. 396), OVERTON ('01), RUHLAND ('09 S. 36), BRENNER ('17, '20) angestellt wurden (siehe auch CZAPEK ('13 S. 176, 203 ff.), COWDRY ('24 S. 125 ff.)), uns überzeugenderweise gezeigt, dass die anorganischen Säuren und mehrbasische organische Säuren bei weitem langsamer in die lebenden Zellen eindringen, was mit unseren experimentell-zytologischen Befunden ohne weiteres in Parallele gesetzt werden kann.

Ähnliche Gegensätze waren auch über die relative Wirksamkeit oder Giftigkeit der Säuren ins Feld geführt. Es folgt nämlich aus den Exosmosenversuchen CZAPEKS (a. a. O.) wie den Kulturexperimenten von KAHLENBERG und TRUE eindeutig, dass die minimale Grenzkonzentration bei allen untersuchten Mineralsäuren sowie Oxalsäure, Fumarsäure, Weinsäure, Gallussäure, Salizylsäure usw. gleichfalls bei $n/6400$ liegen soll.

Aus anderen Angaben lassen sich folgende Wirksamkeitsreihen ableiten :—

1. Buttersäure, $HCl < H_2SO_4$ (Hefekulturen : BOKORNY ('12b S. 193)).
2. $HCl < H_2SO_4 < HNO_3 <$ Trichloressigsäure < Essigsäure (Kulturen von Schimmelpilzen nach CLARK ('99 S. 396)).
3. Essigsäure < Buttersäure < Bernsteinsäure < Zitronensäure < Äpfelsäure < Weinsäure < Oxalsäure $< H_2SO_4 < HNO_3 < HCl <$ Ameisensäure < Salizylsäure (Permeabilitätsreihe für 0.01 N. Lösung bei tierischen Zellen, s. COWDRY ('24 S. 127)).
4. $HNO_3 < H_2SO_4 < HCl$ (Wasserkulturen von *Pisum*, nach HEALD ('96)).
5. HCl, HNO_3, $H_2SO_4 <$ Oxalsäure < Ameisensäure, Essigsäure (Exosmosisversuche nach HIND ('16)).
6. Borsäure < Essigsäure, Buttersäure, Bernsteinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure $< HCl$, HNO_3, H_2SO_4, H_3PO_4, Oxalsäure, Fumarsäure, Weinsäure, Salizylsäure, Gallussäure < Trichloressigsäure (Wasserkulturen von *Lupinus* nach KAHLENBERG und TRUE ('99)).
7. Ameisensäure < Essigsäure < Buttersäure ; Bernsteinsäure < Weinsäure < Zitronensäure < Oxalsäure (Membranbildendes Vermögen bei tierischen Eiern nach LOEB ('09)).
8. $HCl <$ Weinsäure $< HNO_3$, H_2SO_4, Oxalsäure < Essigsäure < Buttersäure < Ameisensäure (Algenkulturen nach NAKANO ('16 S. 180)).
9. Zitronensäure < Weinsäure, Äpfelsäure < Oxalsäure < anorganische Säuren (Algenkulturen nach ZUMSTEIN ('00 S. 174 ff.).

10. Zitronensäure, Weinsäure $<$ Trichloressigsäure $<$ H_2SO_4, Buttersäure $<$ Essigsäure $<$ H Cl $<$ Ameisensäure (negative chemotropische Wirkung auf Wurzeln nach PORODKO ('25)).

In Bezug auf die Wirksamkeit bezw. Wirkungsweise der Säuren stehen sich auch zwei Ansichten gegenüber, nämlich die über die H-Ionenwirkung und die Anionen- oder Molekularwirkung (vgl. BRENNER ('17–'18, '20), CZAPEK ('10 S. 161, '11 S. 72, '13 S. 176, 203 ff.), COWDRY ('24 S. 125 ff.), HIND ('16), LEPESCHKIN ('24 S. 192 ff.), TSCHERMAK ('24 S. 112), LOEB ('09 S. 258), NAKANO ('16 S. 180) usw.).

Unsere Tabellen (1, 7 usw.) deuten augenscheinlich darauf hin, dass der pH-Wert der Lösungen stets zur Wirksamkeit in enger Beziehung steht (siehe oben). In dieser Richtung liegen auch schon eine Menge Angaben vor, welche folgendermassen zusammenzufassen sind :—

1. Physiologische Grenze von pH-Wert liegt ungefähr bei pH=4 und pH=10 (BRINK ('24), COWDRY ('24 S. 390, 410)) oder pH=8.0 und 5.4 (HERKLOTS ('24)) oder auch pH=10 und pH=2.5 (VAN LAER ('21)); pH=9 (REED und HAAS ('24))[1].
2. Physiologischer Optimalpunkt liegt:
   bei pH=7 (Keimung der Pollenkörner), pH=6 (Wachstumsoptimum der Pollenschläuche) (nach BRINK ('24)); bei pH=6.4–8.5 (HERKLOTS ('24)).
3. Als Exosmosengrenze wird gesetzt: pH=4.6–5.5 (HERKLOTS ('24)).
4. Reversible Koagulation der Teilungsspindel wird beobachtet bei pH=4.6 (tierische Zellen nach LEWIS; s. COWDRY ('24 S. 415)).
5. Koagulationsbeginn des Zytoplasmas: pH=3.6 (ADDOMS ('23)); Vollständiger Koagulationspunkt: pH=3.47 (ADDOMS ('23)) — Bei Wurzelhaaren von Weizenpflanzen.
6. Zellschädigende Wirkung tritt erst bei pH $<$ 5.0 ein (HOAGLAND u. DAVIS ('23)).
7. Zellteilungsanomalien werden bemerkt zwischen pH=3–7 und zwar bei pH=5–7 die reversible Störung der Karyokinesen, bei pH=3–5 die irreversible (vgl. ROSE, DRAGOIU und VLES ('23)).
8. Die reversible Koagulation des Kerns und der Spindelsubstanz setzt erst bei pH=4.6 ein und bei pH=3.8 folgt der augenblickliche Tod der Zellen (LEWIS '23).
9. Quellungsmaximum der Plasmahaut: pH=2.5–3.0 und $>$ 12 (Mc DOUGAL ('24)).

1) Für besonders empfindliche Fälle s. ULEHLA ('23), SAKAMURA ('23), SAKAMURA u. LOO ('25) usw.

Alle diese Angaben lassen den sogenannten isoelektrischen Punkt des Protoplasmas annehmen (vgl. ENDLER ('12b), KUGELMASS ('22), LÜERS u. LANDAUER ('22), ROBBINS ('23), PEARSALL und PRIESTLEY ('23), ROBBINS ('24), PEARSALL und EWING ('24, '25), LEPESCHKIN ('24 S. 110), SAKAMURA u. LOO ('25) usw.). In unseren Fällen ist der wirksame pH-Wert etwas nach saurer Seite hin verschoben, was allem Anschein nach sowohl auf die kürzere Wirkungsdauer als auch auf die langsamere Hineindiffundierung der Lösungen zurückzuführen ist.

Bezüglich weiterer Ausführungen über die Wirkungsweise der Säuren weise ich auf die theoretischen Ausführungen von LEPESCHKIN ('24 S. 192 ff.) hin.

Um einige Einblicke in die kolloidchemische Wirkungsweise der Säuren auf Protoplasma zu geben, möchte ich vor allem auf die Dissoziationskonstanten der Säuren und ihre viskositätserhöhende Wirkung auf hydrophile Kolloide hindeuten. Nach der Grösse der Dissoziationskonstante lassen sich die Säuren folgendermassen einander anreihen (vgl. HÖBER ('22 S. 71)):—

Essigsäure < Ameisensäure < H_2SO_4 < Trichloressigsäure < $H\,NO_3$ < $H\,Cl$

Buttersäure < Essigsäure < Ameisensäure < Salizylsäure < Trichloressigsäure

Was die viskositätserhöhende Wirkung anbetrifft, so liegt der Maximalpunkt bei 0.01–0.02 n für H Cl, 0.01 n für Trichloressigsäure, 0.04 n für Oxalsäure; für H_2SO_4 (0.01–0.05 n), Essigsäure und Zitronensäure steigt die Wirkung mit der Konzentrationszunahme. Weiterhin gelten die Reihen:

Essigsäure, H_2SO_4 < Oxalsäure < H Cl (für 0.01–0.02 n Lösung)

Trichloressigsäure < H_2SO_4 < Essigsäure < H Cl < Zitronensäure < Oxalsäure (für 0.05 n Lösung) (vgl. HANDOVSKY ('22 S. 149 ff.), auch unsere Fixierungsreihen und Tabellen 1 und 7.)

Schliesslich sind noch hinzuzufügen die Fällungsreihen für Eiweisslösung:—

Essigsäure < H Cl < $H\,NO_3$ < H_2SO_4 < Trichloressigsäure (vgl. HANDOVSKY ('22 S. 115) und auch unsere Fixierungsreihen).

Aus allen oben angeführten Wirksamkeitsreihen verschiedener Säuren lassen sich folgende Tatsachen schliessen:

1. Fixierungsvermögen der Säuren. Wenn man als Fixierungsmittel die einzelne Säure allein anwendet, so zeigt sich das relative Fixierungsvermögen jeder Säure—nach minimaler molekularer Fixierungskonzentration beurteilt—je nach der Art der Anionen

sehr verschieden. Bei dem Fixierungsprozess scheint die letztere allein zur Geltung zu kommen, vorausgesetzt, dass genügende Konzentration von (H) in freiem Zustand vorliegt. Die Wirkung der (H)-Ionen ist dabei nicht eine direkte, also die eigentlich fixierende, d. h. strukturkonservierende, sondern nur eine indirekte, nämlich permeabilitätsfördernde (exosmosefördernde), strukturlösende (differentielle Auflösung der Strukturen), kolloidfällende usw. Daraus folgt, dass die organische Säure an Fixierungsvermögen die anorganische übertrifft. Auch beim Vergleich unserer Fixierungsreihen mit den Fällungsreihen der Säuren (auf Eiweisslösung) ergibt sich, dass der Fixierungsprozess nicht rein eine Fällungserscheinung der Plasmakolloide ist. Weiterhin ist nach obigem erkennbar, dass bei der Fixierung sich das Protoplasma nicht ganz wie eine neutral oder schwach alkalisch reagierende Eiweisslösung verhält. Angesichts der Permeabilitätsreihen oder auch Diffusionsreihe der Säuren lässt sich der Schluss ziehen, dass die relative Permeabilität sowie Diffusionsgeschwindigkeit für das Fixierungsvermögen nur in bedingtem Masse ausschlaggebend sein können.

Auch zur physiologischen Giftigkeit der Säuren steht das relative Fixierungsvermögen in keiner nennenswerten Beziehung. Übrigens scheint die viskositätserhöhende Wirkung der Säuren auf die Fixierungsprozesse kaum merklichen Einfluss zu haben.

2. Die strukturzerstörende Wirkung tritt bei anorganischen Säuren und mehrbasischen organischen Säuren bedeutend hervor. Je breiter diese Konzentrationszone einer Säure ist, umso weniger kann dieselbe zur Fixierung verwendet werden. Im Groben geht die Reihe von minimalen Zerstörungskonzentrationen zu der der minimalen Fixierungskonzentrationen parallel. Nach der Breite der Konzentrationszone der strukturzerstörenden Wirkung gelten die Reihen:


$H_2PtCl_6 < CrO_3$, $HNO_3 < HCl$, H_2SO_4, $OsO_4 < H_3PO_4$

Essigsäure, Oxalsäure < Ameisensäure, Trichloressigsäure < Äpfelsäure < Buttersäure

Hierfür wirkt nur in einem gewissen Masse die relative Diffusibilität oder Eindringbarkeit der Säuren bestimmend.

3. Zwischen morphologischer und physiologischer Wirksamkeit lässt sich eine — wenn auch nicht ganz genaue — Symbatie erkennen. Auch hier macht sich die Anionenwirkung der Säuren, auch bei anorganischen, deutlich geltend. Die Giftigkeitsreihe nach Masse der minimalen wirksamen Konzentration fällt je nach dem jeweilig in Betracht kommenden Kriterium der Wirksamkeit so verschieden

aus, dass man daraus nichts allgemeines zu schliessen berechtigt ist (vgl. oben).

Über die Schwermetallsalzwirkung.

Als allgemeine Wirkung der Schwermetallsalze kann man Folgendes hinstellen:

1. Den Schwermetallsalzen kommt eine sehr schmale Fixierungszone und dafür eine breite Vergiftungs-(wirksame) zone zu (Ausnahme: Au Cl_3, Hg Cl_2, Sn Cl_2, Pb-Salze, Fe Cl_3).
2. Zytoplasma ist mehr oder minder geschrumpft (Ausnahme: Ni-Salze, Salze aus Pb-Gruppe).
3. Alle Schwermetallsalze wirken bei den Fixierungskonzentrationen auf Zytoplasma und Spindelfiguren homogenisierend, sofern die Reaktion der Lösung nicht mässig sauer ist (pH$<$3.0); bei den wirksamen Konzentrationen erscheinen Spindelfäden anomalerweise ausgeprägt.
4. Beeinflussung der Wirksamkeit durch Konzentrationswechsel zeigt sich äusserst geringfügig.

Aus der Tabelle 3 ergeben sich folgende Wirksamkeitsreihen:—

1. Betreffs minimaler Fixierungskonzentration:
   (a) Aus Mol. Konzentration:
   $CuSO_4$, $ZnCl_2$, $CdCl_2 < SnCl_2 < AgNO_3 <$ Pb-Salze $< FeCl_3 < AuCl_3 < HgCl_2$
   (b) Aus pH-Wert:
   $CdCl_2 < AuCl_3? < SnCl_2 < FeCl_3 < CuSO_4$, $HgCl_2 < Pb(NO_3)_2 < ZnSO_4 < AgNO_3 <$ Pb-Azetat $< ZnCl_2$
   Diese Reihen sind bei der Herstellung der Fixierungsgemische sehr bedeutsam.
2. Betreffs minimaler tötlicher Konzentration:
   $ZnSO_4$, $NiSO_4$, $CoSO_4$, $MnSO_4 < FeSO_4$, $CoCl_2 < ZnCl_2 < CdCl_2$, $SnCl_2$, Pb-Salze $< AgNO_3$, $CuSO_4 < HgCl_2 < AuCl_3 < FeCl_3$
3. Betreffs minimaler wirksamer Konzentration:
   $MnSO_4 < ZnCl_2 < ZnSO_4 < NiSO_4 < SnCl_2$, $CoCl_2$, $CoSO_4 < HgCl_2 < AuCl_3 < CdCl_2$, $FeSO_4 < FeCl_3 < CuSO_4$

   Merkwürdig ist nach alledem, dass bei der Schwermetallsalzwirkung auch (H)-Ionenkonzentration und Anionenwirkung nicht unbedeutend im Spiele sind.

Aus vorliegenden Literaturangaben sind folgende Reihen zusammenzustellen:—

1. $Ca<Ni$, $Cd<Mn<Co$, $Fe<Pb<Zn<Cu<Hg$ (nach KAHHO ('21b)).
2. $Co<Ni$ (BOKORNY ('12b) für Pilze, PRINGSHEIM ('24) usw.).
3. Nach HOADLEY ('23) für tierische Eier:
   (a) Aus hemmender Wirkung auf Membranbildung, für Chloride $Hg<Co<Cd<Ni<Pb<Pt<Al<Zn<Cu<Au$
   (b) Aus Zytolysengrenze, für Chloride: $Co<Cd<Ni<Pb<Pt<Al<Zn<Cu<Hg<Au$
4. Aus entwicklungshemmender Wirkung auf tierische Eier (vgl. BECHHOLD ('20 S. 415)), für Chloride:
   $Mn < Fe^{\cdot\cdot} < Ca < Ni < Zn < Pb$ (-Azetat) $< Cd < Hg^{\cdot\cdot} < Ag(NO_3)$ $< Cu^{\cdot\cdot} < Au$ (nach MATHEWS).
5. Aus wachstumshemmender Wirkung (nach HEALD ('96)):
   (a) für *Pisum*: $Co<Ni$, $Cu<Ag$, Hg
   (b) für *Zea*: $Co<Ni$, $Hg<Cu<Ag$
6. Aus wachstumshemmender Wirkung für *Lupinus*-Keimlinge (nach KAHLENBERG und TRUE ('96)):
   $Co<Hg<Fe$, Ni, $Cu<Cd<Ag$
7. Aus entwicklungshemmender Wirkung für Schimmelpilze (nach CLARK ('99)):
   $ZnSO_4 < Cu(NO_3)_2 < CuSO_4 < FeSO_4 < CoSO_4 < NiSO_4 < Cd(NO_3)_2$ $< AgNO_3 < HgCl_2$
8. Aus Grenzwert der schrumpfenden Wirkung auf Chloroplast und Zytoplasmastränge von *Spirogyra* (nach SCARTH '24b, '25):
   Ca, $Zn < Li$, Na, $K < Mg$, $Sr < Mn < Fe^{\cdot\cdot} < Co$, $Pb<Al<Cd$, Ba $<Ag<Cu<Hg$

   Diese Reihe lässt ohne weiteres auf relative Eindringbarkeit der Ionen schliessen.
9. Aus negativ chemotropischer Wirksamkeit auf Wurzeln (PORODKO '25):
   Ni, Mn, Cd, $Fe^{\cdot\cdot\cdot} <Zn$, Co, Th, $Fe^{\cdot\cdot} <Al$, Cu, $Pb<Ag$, Hg, UO_2

Über die Permeabilität für Schwermetallsalze scheint so viel festzustehen, dass sie nur aus höheren Konzentrationen in die Zellen den Weg finden können (etwa$>$1/5 N. nach LAVISON ('11 S. 128, 138)).

Bezüglich der Wirkungsweise sind folgende Ansichten aufgestellt:

1. Schwermetallsalze aus derselben Gruppe sollen auch ähnlich wirken (vgl. CZAPEK ('13 S. 187 usw.)). Diesem Satz kommen manche Ausnahmen zu, wie man aus obenstehendem leicht ersehen kann.
2. Nach LEPESCHKIN ('24 S. 186 ff.) soll die Schwermetallsalzwirkung in zweifacher Weise geschehen:

I. Bei höheren Konzentrationen bildet sich chemische Schwermetall-Eiweiss-Bindung durch vollständige Koagulation.

II. Bei niederen Konzentrationen tritt Denaturierung des Protoplasmas (Eiweiss-Lipoid-Verbindung) auf.

Diesem entsprechen im Groben unsere Fixierungs- oder tötliche und wirksame Konzentrationszone.

3. Nach ULEHLA und MORAVEK ('22 S. 18) verhalten sich hydrolysierte Salze (also die meisten Schwermetallsalze) etwa ähnlich wie das Säure-Salz-Gemisch; sie wirken nämlich bei höheren Konzentrationen auf Zellen platzend, aufquellend, bei niederen Konzentrationen jedoch plasmolysierend, entquellend (vgl. oben).

4. Die Wirksamkeit der Schwermetallsalze hängt nur von der Wirkungsdauer, nicht aber von der Konzentration ab (vgl. oben, PRINGSHEIM ('24)).

Als physikochemische Ergänzung möchte ich unten noch einiges hinzufügen.

(1) Nach den Versuchen von PRINGSHEIM können auch Schwermetallsalzlösungen auf Zytoplasma plasmolysierend einwirken. Dementsprechend muss auch hier wie bei Neutralsalzen der osmotische Faktor mitspielen. Nach plasmolytischer Grenzkonzentration soll folgende Reihe zur Geltung kommen:



$Al_2(SO_4)_3 < KNO_3 < CuSO_4$, $MnSO_4$, $FeSO_4 < CoSO_4$, $NiSO_4 < ZnSO_4$

(2) Nach Fällungswert gelten folgende Reihen (vgl. HANDOVSKY ('22 S. 114) usw.):

(a) Aus Fällungsminimum für 0.808% Albumine:



$FeCl_3 < CuSO_4$, $HgCl_2 < AgNO_3$, $ZnSO_4$, $Pb(NO_3)_2$

(b) Aus Maximalgrenze der ersten Fällungszone:



$AgNO_3 < CuSO_4 < ZnSO_4 < HgCl_2 < FeCl_3 < Pb(NO_3)_2$

(c) Bei $FeCl_3$, $ZnSO_4$ und $Pb(NO_3)_2$ kommt noch die zweite Fällungszone hinzu[1] und zwar nach Fällungskraft:



$ZnSO_4 < FeCl_3 < Pb(NO_3)_2$

(Vergl. unsere Fixierungsreihen).

(3) Unter verschiedenen Theorien, die über die Wirkungsweise der Schwermetallsalze aufgestellt worden sind, scheint die Adsorptionstheorie den Tatsachen am nächsten zu kommen.[2] Die Reihen nach Adsorbierbarkeit und elektrolytischem Lösungsdruck gehen folgendermassen:

---

1) Die sogenannten unregelmässigen Reihen.

2) Vgl. z. B. PICHLER ('22).

Alkalimetallionen < Ca, Mg < Zn < Al < Hg, Ag, H (Adsorbierbarkeit)

Ba<Mg<Cd<Co<Ni<Pb<Cu<Hg (elektrolytischer Lösungsdruck)

Mg<Ba<Co<Ni<Cd<Cu<Pb<Hg (Fällungskraft)

(vergl. unsere obigen Wirksamkeitsreihen).

Über die Permeabilität[1].

Wenn sich irgend eine Substanz entweder zytomorphologisch oder physiologisch wirksam erwiesen hat, so wird man daraus gern auf die Permeabilität des Protoplasmas für die betreffende Substanz schliessen, was wir oben auch häufig getan haben. Diese Schlussfolgerung braucht nicht immer zutreffend zu sein, weil manchmal die Wirkung deutlich auch da bemerkbar werden kann, wo sich die Eindringbarkeit des wirksamen Stoffes durchaus nicht feststellen lässt. Dabei hat man von der „Oberflächenwirkung" gesprochen (vgl. z. B. Hansteen-Cranner ('19 usw.), Warburg ('14 S. 281, 282), Bayliss ('18 S. 142 ff.), Cowdry ('24 S. 192), Freundlich ('24 S. 20), Handovsky ('23 S. 46, 47), Netter ('23), Tschermak ('24 S. 134)). Diese Sachlage ist sehr bedeutsam für die theoretische Betrachtung über die Wirksamkeit verschiedener Stoffe, besonders bei den sogenannten oberflächenaktiven Stoffen (vgl. oben).

Für eine nähere Erörterung dieses Problems haben wir jedoch leider zur Zeit kein Tatsachenmaterial zur Hand und somit muss die Frage hier unberührt bleiben.

Es stehen über die Permeabilität dreierlei Fragen vor uns:

1. Relative Permeabilität für verschiedene Substanzen.
2. Beziehungen der Permeabilität zu anderen physiologischen sowie physikochemischen Faktoren.
3. Beeinflussung der Permeabilität des Protoplasmas durch innere und äussere Bedingungen.

Was die erste Frage angeht, so kann man mit gewisser Sicherheit sagen, dass der lipoidlösliche Stoff aus derselben Substanzgruppe insofern bei weitem leichter in das Protoplasma eindringen kann als der lipoidunlösliche, soweit der erstere nicht kolloidal gelöst ist (vergl. z. B. Bayliss ('18 S. 115, 121), Cowdry ('24 S. 114 ff.), Höber ('22 S. 427, 435,

1) Hier wird nur die sogenannte „physikalische" Permeabilität (vgl. Höber ('22 S. 504), Tschermak ('24 S. 574) usw.) in Betracht gezogen.

436 usw.), OVERTON ('95, '96, '99), STILES ('21–'23), TSCHERMAK ('24 S. 565), COLLANDER ('24), RUHLAND u. HOFFMANN ('25) usw.).

Unter von uns geprüften Substanzen lassen sich folgende als mehr oder minder lipoidlöslich (alkohol-, ätherlöslich) bezeichnen:

(1) Mineralsäuren:
H_3PO_4, H_3BO_3. H_2PtCl_6, $H_3PO_4 \cdot 12MoO_3$, OsO_4, HCl.

(2) Alkalien: Ammoniak, KOH.

(3) Schwermetallsalze:
$AuCl_3$, $AgNO_3$, $HgCl_2$, $ZnCl_2$, $CdCl_2$, $SnCl_2$, Pb-Azetat, $FeCl_3$.

(4) Erdalkalisalze:
$SrCl_2$, $MgSO_4$, $AlCl_3$.

(5) Alkalisalze:
$KMnO_4$, KJ, LiCl, NH_4Cl, NH_4SCN, Na-Formiat, Na-Salizylat.

(6) Organische Säuren:
Ameisensäure, Essigsäure, Trichloressigsäure, Buttersäure, Fumarsäure, Weinsäure, Äpfelsäure, Bernsteinsäure, Zitronensäure, Pikrinsäure, Salizylsäure, Gallussäure.

(7) Andere organische Verbindungen:
Alle angewandten Substanzen.

Bei Vergleichung der Substanzen aus engeren chemischen Substanzgruppen miteinander sowie unter Berücksichtigung der sogenannten „Teilungskoeffizienten" (vgl. z. B. OVERTON ('01 S. 100 usw.), KORANYI-RICHTER ('08, S. 302 ff.), HÖBER ('22 S. 581 ff. usw.), LEPESCHKIN ('11) usw.) versteht sich von selbst, dass die Wirksamkeit nicht wenig durch die Lipoidlöslichkeit der wirksamen Stoffe beeinflusst wird (siehe experimentellen Teil).

Über die relative Permeabilität für einzelne Stoffe ist schon oben in dem experimentellen Teil vieles gesagt worden (vgl. weiter BORESCH ('14, '20), BRENNER ('17–'18, '20), HIND ('16), BAYLISS ('18 S. 115, 121), FITTING ('15, '20), OSTERHOUT ('11, '12, '22 S. 203, 208), LAVISON ('11 S. 117, 128, 131, 142, '10), MEURER ('09), OVERTON ('95, '96, '99), PANTANELLI ('15), RITTER ('11), COWDRY ('24 S. 114 ff.), HÖBER ('22 S. 427, 435, 436), STILES ('21–'23), TSCHERMAK ('24 S. 565), RUHLAND und HOFFMANN ('25) usw.).

Wir wollen unten über die Ionenpermeabilität[1] eine flüchtige Übersicht geben. Den Literaturangaben kann man folgende Ionenreihen für relative Permeabilität entnehmen:

(1) Nach FITTING ('15):

1) Permeabilität für Säuren und Schwermetallsalze sind schon in besonderen Abschnitten besprochen.

Ca, Ba < Mg < Li < Na, K
SO_4 < Cl, NO_3

(2) Nach BROOKS ('16):
Ce < Al < Ca < Mg < Balanzierte Lösung < NH_4 < K < Na

(3) Nach TRÖNDLE ('18):
Ca < Sr < Ba < Mg < Li < K < Rb
SO_4 < Cl < NO_3

(4) Nach SPEK ('21): Ca < Li < Na < K

(5) Nach KAHHO ('21b):
Zitrat < SO_4 < Tartrat < Cl < NO_3 < Br < J
Ca < Ba < Mg < Li < Na < K

(6) Nach STILES und KIDD ('19, vgl. STILES ('23 S. 87, 91)):
Al < Mg, Ca < Li < Na < K
SO_4 < Cl < NO_3
Al < Zn < Mg < Li < Ca < Na < K

(7) Nach RUHLAND und HOFFMANN ('25 S. 31, 49):
Zitrat < Azetat < Cl < NO_3 < SCN
Kokain < Morphin < Rohrzucker < Antipyrin < Anilin < Glyzerin

Mit diesen Ionenreihenfolgen gehen eine Reihe von anderen physikochemischen Faktoren parallel und zwar (vgl. HÖBER ('22 S. 267, 268, 271 ff.)):

(1) Quellungsreihe HOFMEISTERS:
SO_4 < Tartrat, Zitrat < Azetat < Cl < Br, NO_3 < J < SCN

(2) Vermindernde Wirkung auf osmotischen Druck der hydrophilen Kolloide:
SO_4 < Cl < Br < J < NO_3 < SCN

(3) Löslichkeitsvermindernde oder fällende Wirkung (auf Eiweiss- und Lezithinlösung):
SCN < J < ClO_3 < NO_3 < Cl < Azetat < SO_4 < Tartrat < Zitrat

(4) Viskositätssteigernde Wirkung auf Wasser:
J < Br, NO_3 < Cl < SO_4 NH_4 < K < Na

(5) Oberflächenspannungserhöhende Wirkung auf Wasser:
SCN < J < Br, NO_3 < Cl < SO_4

(6) Ionenhydratationsreihen:
NO_3 < SCN < Cl < Br < J < SO_4
Cs < Rb < K < Na < Li < Ca

Daraus folgen die verschiedenen permeabilitätsbeeinflussenden, physikochemischen Faktoren, worunter folgende besonders hervorzuheben sind:

(1) Plasmaviskosität (vgl. z. B. WEBER ('22b), SCARTH ('24b) usw.).

(2) Osmotischer Druck, also Konzentration der äusseren Lösungen (vgl. Meurer ('09 S. 530), Lavison ('11 S. 114), Spek ('21 S. 157), Alexeew ('23), Stiles ('24 S. 618, 619, 629), Tschermak ('24 S. 565) usw.).

(3) Quellungszustand des Protoplasmas (vgl. Spek ('19, '20), Ruhland ('12 S. 401, 408), Lloyd ('24), Kahho ('24) usw.).

Wenn auch die Permeabilität schon bei verschiedenen Versuchsmaterialien nicht dieselbe bleiben kann[1] (vgl. Janse ('88), de Vries ('88), Höfler ('18), Fitting ('15), van Wisselingh ('20), Höfler und Stiegler ('21), Ruhland und Hoffmann ('25)), so scheint die Ionenreihe nicht merklich voneinander abzuweichen (vgl. Ruhland und Hoffmann ('25)). Dementsprechend wäre alles Obenstehende auch auf unsere Resultate anwendbar (vgl. Tabelle 4, 5, 6 und weiter experimentellen Teil).

Die Permeabilität des Protoplasmas lässt sich von Aussen aus wie folgt beeinflussen :

(1) Temperatur und Lichtintensität scheinen sie häufig im positiven Sinne zu beeinflussen (vgl. für Temperatureinfluss, Dixon-Atkin ('13), Delf ('16), Stiles ('22 S. 234, '23 S. 128), Janse ('88), Snyder ('08), Collander ('18–'19), Dixon ('24), Cowdry ('24 S. 148), Port ('25 S. 106) ; für Lichtbeeinflussung, Brauner ('24), Cowdry ('24 S. 149), Tschermak ('24 S. 579) usw.).

(2) Beim Tode der Zellen erhöht sich die Permeabilität (vgl. de Vries ('85 S. 571), Johnson ('15), Ruhland u. Hoffmann ('25) usw.).

(3) Sie wird durch (H)- oder (OH)-Ionen äusseren Mediums merklich verändert (vgl. Endler ('12b), Czapek ('13 S. 177), Osterhout ('14), Boresch ('20), Kahho ('21b), Irwin ('22), de Vries ('85 S. 592, 563 ff.), Tröndle ('20), Sabinin ('21), Osterhout ('22 S. 41, 51), Crozier ('22b) usw.).

(4) Lipoidlösende Wirkung steigert ohne weiteres Plasmapermeabilität (vgl. Boresch ('14 S. 126, 127 usw.), Hansteen-Cranner ('19 usw.), Boas ('20, '22), Klemm ('95 S. 689), Seifriz ('23a, '23b S. 397 ff.).

(5) Allgemein gesprochen wird die Permeabilität durch monovalente Ionen gesteigert und durch die trivalenten vermindert (vgl. Endler ('12a), Osterhout ('15a, '15b, '22), Brooks ('16), Fitting ('15 S. 51), Zangger ('07 S. 521), Kahho ('21b), Raber ('21, '23 S. 303 usw.), Williams ('18, '22), Spek ('21 usw.), Seifriz ('23b), Netter ('23), McDougal ('23 S. 13), Cowdry ('24 S. 144 ff.) usw.).

---

1) Beeinflussung der Permeabilität durch Zellmembran war besonders von Priestley und Tupper-Carey ('22) hervorgehoben, was auch in unseren Versuchen nicht in geringem Masse mit in Rechnung zu tragen ist. (vgl. auch Kite ('13), Dorner ('22) usw.).

(6) Narkotika verändern (vermindern ?) die Plasmapermeabilität (vgl. OSTERHOUT ('13c), LILLIE ('14 S. 123), PANTANELLI ('15), BAYLISS ('18 S. 139), CZAPEK ('11 S. 49), TRÖNDLE ('20), OSTERHOUT ('22), SMITH ('23), CROZIER ('22), HANDOVSKY ('23 S. 58), KOCHMANN ('23), COWDRY ('24 S. 143) usw.).

(7) Reizmittel wirken in entgegengesetztem Sinne (vgl. KOKETSU ('16), BAYLISS ('18 S. 138), CROZIER ('22), HÖBER ('22 S. 538), OSTERHOUT ('22 S. 235), HÖBER u. BANUS ('23), COWDRY (24 S. 140 ff.), BANUS ('24) usw.).

Manchmal wird beobachtet, dass die Permeabilität bei der Karyo- und Zytokinese rhythmisch verändern kann (z. B. von LILLIE ('14 S. 123), HERLANT ('20), FAURE-FREMIET ('21 usw.) usw.), woraus die Empfindlichkeit der sich teilenden Zellen gegen äussere Agentien zu folgern ist (siehe experimentellen Teil).

KOLLOIDALE VERÄNDERUNGEN DES PROTOPLASMAS.[1]

Allerhand kolloidale Veränderungen, wie sie im Protoplasma vor sich gehen können, entfallen, wie es auch bei kolloidalen Lösungen überhaupt der Fall ist, in zwei Kategorien, nämlich die Veränderung des Dispersionsgrades und der Dispersionsweise. Die erstere findet nach zwei entgegengesetzten Richtungen statt, entweder der dispersitätsvermehrenden oder der dispersitätsvermindernden.

Zur Dispersitätsverminderung führen die Vorgänge :

1. Fällung, Koagulation, Prezipitation, Gelbildung.
2. Entquellung, Dehydratation.
3. Entmischung, Vergröberung der Teilchen.

Morphologisch gesprochen gehören hierher die allermeisten Fixierungsformen (siehe unten) feinster Arten, z. B. flockige oder körnige Struktur des Zytoplasmas, Karyotins und Chromosoms. Besonders sei jedoch hier hervorgehoben, dass nicht die Dispersitätsverminderung bezw. Fällung allein beim Zellentode oder Fixierungsprozesse vonstatten geht.

Mit der Dispersitätsvermehrung verknüpfen sich :

1. Quellung, Hydratation (Gelatinierung, Gallertbildung).
2. Emulgierung.
3. Auflösung.

Nicht selten geht die Vakuolisierung der Strukturen damit einher.

---

1) Der Hauptsache nach handelt es sich hier um irreparable Veränderungen.

Dass die Dispersitätsvermehrung, besonders z. B. der Quellungsprozess ein wichtiges, vielleicht erstes Stadium der Nekrobiosis darstellen muss, geht daraus hervor, dass die von uns als „Nekroformen" bezeichnete Strukturmodifikation in mancher Hinsicht dem vermehrten Quellungszustande des Protoplasmas entspricht. In ähnlichem Sinne äussern sich neuerdings auch SAKAMURA u. LOO ('25).[1]

Die Veränderung des Dispersionsgrades ist sehr häufig von der der Dispersionsweise begleitet, d. h. Phasenumschlag der emulsoiden Struktur. Letzterer wird schon früher von biologischer Seite aus hervorgehoben, z. B. von MANN ('02 S. '50), LIESEGANG ('12), BAYLISS ('18 S. 14), HERLANT ('20), SEIFRIZ ('23), TSCHERMAK ('24 S. 85), vgl. auch BANCROFT ('21 S. 267), CLAYTON ('23 S. 74 ff.).

Eine unerwartete Menge von Fixierungsartefakten scheinen in dieser Weise zu entstehen. Wenn man eine Emulsionsstruktur des Protoplasmas annehmen will, so muss dieser Prozess am häufigsten in Betracht gezogen werden. Sogenannte membranartige Strukturen (siehe oben), wie sie oft in unseren fixierten Präparaten gesehen werden, bilden sich unseres Erachtens derart erst bei der Fixierung.

Eine der wichtigsten Schwierigkeiten, denen wir bei den experimentellen Untersuchungen der kolloidalen Veränderungen des Protoplasmas begegnen, ist, dass sich die Ionenkonzentrationen, besonders (H)-Ionenkonzentrationen in den Zellen nicht genau bestimmen lassen, woraus mannigfachste Meinungsverschiedenheiten hervorzutreten scheinen. In dieser Richtung der Fragen müssen wir uns nun damit begnügen, was schon oben gestreift worden ist.

Was die Wirkung der Nichtelektrolyte, insbesondere der Narkotika (indifferente) betrifft, so unterliegt es keinem Zweifel mehr, dass die letzteren auch zur Fällung oder genauer Prezipitation befähigt sind (vgl. WARBURG ('14 S. 299), BECHHOLD ('20 S. 154), HEILBRUNN ('20 S. 308–9), WALTER ('21 S. 93, 94), HANDOVSKY ('20 S. 118, 121), HÖBER ('22 S. 290–2), HEFFTER ('23 S. 140, 221, 374, 394 usw.) usw.). Im Vergleich mit den Elektrolyten ist aber der Fällungswert der Nichtelektrolyte ungemein grösser. Ausserdem erfolgt die Koagulation dadurch nur unvollkommen. Beeinflussung der kolloidalen Zustände des Protoplasmas durch Narkotika erscheint sehr kompliziert, je nach dem jeweiligen Zustand der Narkose oder Nekrobiose, was wir schon im experimentellen Teil vereinzelt beschrieben haben. In Literaturangaben kann man nicht einmal Übereinstimmung in den Ansichten finden; z. B.:

---

1) Vergleiche auch LUNDEGÅRDH ('22 S. 280).

1. Narkotika wirken quellungshemmend, fällend (Bechhold ('20 S. 420), Lillie ('14 S. 123), Kochmann ('23), Lepeschkin ('24 S. 151, 207 ff., 213, 214) usw.).
2. Narkotika wirken quellungsfördernd (Heffter ('23 S. 466), wo andere Literatur).

Über die physiologische Wirkung der Narkotika ist geläufig bekannt, dass sie je nach der Konzentration im entgegengesetzten Sinne wirken können, nämlich permeabilitäts- oder exosmosefördernd oder -hemmend, teilungsfördernd oder -hemmend usw. (vgl. Bechhold ('20 S. 420), Tischler ('21 S. 720), Weber ('22b) usw.).

Es ist merkwürdig, dass die Viskositätssteigerung der kolloidalen Lösungen, somit auch des Protoplasmas sowohl durch die Fällung als auch die Quellung hervorgebracht werden kann. Daraus erklärt sich, dass eine anscheinend gleich aussehende Strukturmodifikation als Fällungs- sowie Quellungsformen erscheint (vgl. unten Fixierungs- und Nekro-Formen).

Von der Oberflächenspannung des Protoplasmas sind zwei Arten denkbar. Die Oberflächenspannung der äusseren Hülle des Protoplasmas (sogenannte Plasmahaut, Hautschicht usw.) steht natürlich mit der Permeabilität, somit verschiedenen kolloidalen Zuständen des Protoplasmas in engem Zusammenhange. Die Verminderung derselben begünstigt die Exosmose, angeblich auch Zellteilungstätigkeit (vgl. über Exosmose besonders Czapek ('10, '11, '13, S. 174), Höber ('22 S. 589), Stiles und Jørgensen ('15a) usw., über Zellteilung z. B. Bauer ('24)).

Andererseits verzögert die Verminderung der Grenzflächenspannung im Inneren des Protoplasmas, d. h. zwischen Dispersionsmittel und dispersen Phasen, die Dispersitätsverminderung, folglich Koagulation.

Diese oberflächenspannungsvermindernde Wirkung hängt natürlich von der Oberflächenaktivität der äusseren Lösungen ab, welche eng mit der Lipoidlöslichkeit zusammenzuhängen scheint. Nach Kapillarkonstanten gelten die Reihen:

Pyridin < Essigsäure < Chloralhydrat < Azeton < Methylalkohol < Äthylalkohol < Äther

Anilin < Xylol < Benzol < Toluol < Terpentinöl < Chloroform < Äther

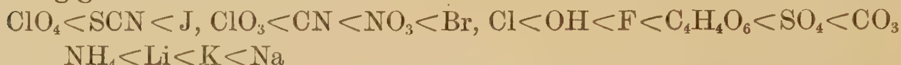
In Bezug auf die Oberflächenaktivität der Narkotika bestätigte neuerdings Czanik ('25) folgende Reihen:

Morphinchlorid < Koffein < Chloralhydrat < Atropinsulfat < Kokainchlorid (nach σ-Wert gegen Luft von 0.25 proz. wässr. Lösungen).

Morphinchlorid < Chloralhydrat < Kokainchlorid < Koffein < Atropinsulfat < Phenol (nach σ-Wert gegen Paraffinöl).

Es ist von Interesse, dass, abgesehen von der besonderen Stellung von Morphin, unseren Versuchsergebnissen die letztere Reihe, d. h. nach Oberflächenspannungswert gegen Paraffinöl, näher kommt, als die erstere, d.h. nach σ-Wert gegen Luft (vgl. STILES u. JØRGENSEN '17, S. 69, 71 ff.).

Es ist bemerkenswert, dass Chloroform, gelöst in Wasser, nicht merklich oberflächenaktiv ist, und dass die Giftigkeit zur Hauptsache auf die Lipoidlöslichkeit zurückzuführen ist. Unter anorganischen Salzen werden oberflächenaktiv genannt $AgNO_3$, K Cl, Ba Cl, $CuCl_2$ usw. Die meisten anorganischen Elektrolyte stellen oberflächennegative Stoffe dar und zwar nach der oberflächenspannungserhöhenden Wirkung gelten die Reihen :[1]


$ClO_4 < SCN < J$, $ClO_3 < CN < NO_3 < Br$, $Cl < OH < F < C_4H_4O_6 < SO_4 < CO_3$

$NH_4 < Li < K < Na$

Schliesslich möchte ich hier noch betreffs der Elektrolyte drei wichtige physikochemische Faktoren hinzufügen, nämlich Viskositätswert, Diffusionskonstante und osmotischen Druck. Die beiden ersteren stehen zueinander in enger Beziehung :

1. Nach viskositätserhöhender Wirkung kommen die Reihen zur Geltung[1]:

   
   $NO_3 < Cl < SO_4$ (s. WEIS '25, S. 159).

   
   $K < Li$, $NH_4 < Na < Mg$ (bei $\frac{1}{8}$N. Lösung).

2. Nach der Grösse der Diffusionskonstante ordnen sich die verschiedenen Elektrolyte dahin :

   (a) Leicht diffusibel :

   
   HCl, HNO_3, KOH, NH_4Cl.

   (b) Mässig diffusibel :

   
   NH_3, NaCl, KNO_3, H_2SO_4.

   (c) Schwer diffusibel :

   
   Schwermetallsalze, $MgSO_4$, $Na_2S_2O_3$, $CaCl_2$.

   Nach der Diffusionsgeschwindigkeit der Ionen gelten die Reihen :

   
   $HPO_4 < SO_4 < F < NO_3 < J < Br < Cl$

   
   $Mg < Ca < Ba < Na < K$

   Für unseren Zweck ist der Diffusionsweg mehr von Belang als die obengenannten Diffusionsmengenverhältnisse, woraus die abweichenden Beziehungen der Fixierungszustände (besonders Gleich-

---

1) Hier herrscht die „ Mischungsregel ".

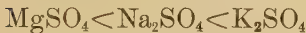
mässigkeit derselben) folgen (vgl. HANDOVSKY ('22 S. 168), LIESEGANG ('24 S. 6)).

3. Der Unterschied der osmotischen Werte verschiedener Salze von gleicher Konzentration (Mol.) zeigt sich zu geringfügig, um aus unseren groben Versuchsresultaten etwas über ihren Einfluss schliessen zu können. Nur bei neutralen Salzlösungen erscheint der osmotische Druck etwas beachtenswert. In Bezug auf das äquivalente Leitvermögen (bei 0.1 N.)[1] lassen sich folgende Reihenfolgen zusammenstellen:

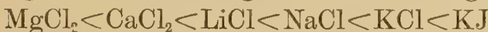

$KClO_3 < KSCN < KNO_3 < KCl < KJ < KBr$


$LiCl < NaCl < NH_4Cl < KCl$


$CaCl_2 < SrCl_2 < BaCl_2$


$MgSO_4 < Na_2SO_4 < K_2SO_4$

Vergl. Dissoziationsgrad bei N. Lösung:


$MgCl_2 < CaCl_2 < LiCl < NaCl < KCl < KJ$


$MgSO_4 < Na_2SO_4 < MgCl_2$

(s. DAVENPORT ('08 S. 74)).

Auch vorliegende Versuchsergebnisse scheinen dafür zu sprechen, dass der osmotische Druck der Aussenmedien auf die verschiedenen Fixierungs-, vielleicht auch metabiotischen Formen (siehe unten) der Protoplasmastrukturen kaum nennenswerten Einfluss ausübt (vgl. SJÖBRING ('00, S. 276), BERG ('04 S. 346), SPALTEHOLZ ('04 S. 174 ff.), STOELTZNER ('06 S. 15), TELLYESNICZKY ('10 S. 466) usw., weiter experimentelle Untersuchungen über den Einfluss der Hypo- und Hypertonie auf Zellteilung, hauptsächlich aus zoologischem Gebiete, sowie NĚMEC ('99, '02), SAKAMURA ('20) usw.).

ÜBER VERSCHIEDENE STRUKTURMODIFIKATIONEN.

Nun wollen wir uns hier der morphologischen Seite der Frage zuwenden und weiter sehen, inwieweit die verschiedenartige morphologische Beeinflussung der Zellstrukturen mit oben angeführten physikochemischen Faktoren in Zusammenhang zu bringen ist. Entsprechend den drei oben aufgestellten Konzentrationszonen lassen sich auch drei Arten von Strukturmodifikationen voneinander unterscheiden, die wir bequemlichkeitshalber Fixierungs-, nekrobiotische (kürzer: Nekroform) und metabiotische Form (Metaform) nennen möchten. Der Fi-

---

1) Im Groben entspricht diese Konzentration der plasmolytischen Grenze, die meistens in die wirksame Zone fällt, vgl. Tabelle 5,6 und weiter JANSE ('87, '88), FITTING ('15 S. 51), BRENNER ('20), PRINGSHEIM ('24) usw.

xierungsform entsprechen allerhand Strukturbilder (Fixierungsbilder) des Protoplasmas, welche sich bei der Fixierungskonzentration bemerkbar machen. Bei der Zerstörungszone der Konzentration kommen ausser Nekroformen auch gründlich zerstörte Bilder der Zellen vor, die meistens der Schrumpfung anheimgefallen sind. Die Metaformen machen den Hauptgegenstand der Untersuchung über die Zellteilungsanomalien aus.

Von dem Gesichtspunkt aus, dass ein Fixierungsbild der Zellstruktur jedem Stadium der Nekrobiosis der Zellen entsprechen soll, fallen die Nekroformen in dieselbe Kategorie wie die Fixierungsformen, und in der Tat kann die eine nur graduell zur andern übergehen. Der Unterschied zwischen Nekro- und Metaformen braucht nicht genau so scharf zu sein.

Die sogenannte Nekroform dokumentiert sich durch:

1. Homogenisierung der Strukturen (insbesondere des Zyto- und Karyoplasmas).
2. Begierige Speicherung der Farbstoffe.
3. Nichtabgelöstwerden des Zytoplasmas von Zellmembran.
4. Schrumpfung (häufig Eckigwerden) der Kerne.
5. Zusammenballung der Mitosenfiguren und Miteinanderverschmelzen der Chromosomen.
6. Exosmieren des Karyotins (etwas vorgerücktes Stadium?) (Fig. 144, 160).

Hierbei erreicht jedes Strukturelement ohne Zweifel einen abnorm höheren Quellungszustand, was auch seine vermehrte Färbbarkeit erschliessen lässt (vgl. Zangger ('02 S. 47), Knoevenagel ('21), Lubowski ('22) usw.). Ich nehme diese Strukturformen als das erste Stadium der Nekrobiosis (Absterbeerscheinungen) der Zellen an. Bisher werden diese gern auf den allmählich einsetzenden Zellentod zurückgeführt (vgl. oben), der natürlich bei der langsamen Einwirkung schädlicher Agentien zu geschehen scheint.

Mit Leichtigkeit lassen diejenigen Chemikalien Nekroformen auftreten, welchen eine breite Zerstörungszone zukommt, so z. B. unter anorganischen Säuren, HCl, H_2SO_4, H_3PO_4; unter Schwermetallsalzen, $AuCl_3$, $CuSO_4$, $FeCl_3$; unter organischen Säuren, Buttersäure, Äpfelsäure; ausserdem K MnO_4, Pyridin. Alle diese Stoffe sind also als Fixierungsmittel kaum anwendbar. Dagegen kommt die Nekroform durch die Wirkung der wenig giftigen oder leicht in die Zellen permeierenden Substanzen minder häufig zustande, so beispielsweise der Ätzalkalien, Neutralsalze, Harnstoff, Rohrzucker; Pikrinsäure, Salizylsäure, Gallus-

säure, Alkohole, Äther, Anilin, Phenol und weiter $Fe^{\cdot\cdot}$-, Ni-, Co- und Mn-Salze. Durch Mineralsäuren wird die Nekroform nur bei der pH = 1.2–2.4 entsprechenden Konzentration am häufigsten hervorgebracht. Wie man oben gesehen hat, wirken die quellungsfördernden Agentien auch zugleich permeabilitätssteigernd, woraus sich die scheinbar widersprechende Tatsache erklärt, dass die quellungsbegünstigenden Salze (z. B. Rhodanid, Alkalisalze) nicht immer häufiger Nekrobiose zu bedingen brauchen als die Entquellung bewirkenden (z. B. Sulfate, Erdalkalisalze) (vgl. Tabelle 5,6 und experimentellen Teil).

Bezüglich jedes Strukturelements der Zellen möchten wir unten die drei Modifikationsformen auseinandersetzen.

1. Ablösen des Zytoplasmas von der Zellmembran (Schrumpfung des Zytoplasmas).

Dies stellt eine der gemeinhin eintretenden Artefaktformen dar und wird bisher häufig als ein Zeichen für das allmähliche Absterben der Zellen angesehen, vgl. DE VRIES ('85, S. 475, 476, 526), KLEMM ('95 S. 639, 666, 676), MATRUCHOT u. MOLLIARD ('02 S. 464, 467), OSTERHOUT ('08 usw.), HARTMANN ('18), SCHULZE ('10 S. 54, 55, 63, 73), NAKANO ('16), LUNDEGÅRDH ('22 S. 275, 280), PRAT ('22), LEPESCHKIN ('24 S. 195, 196), MAINX ('24 S. 575) usw. Wir finden die Zytoplasmaschrumpfung verschiedener Grade sowohl bei der Fixierungs- als auch wirksamen Konzentration besonders folgender Substanzen (die in Klammern gesetzten Ziffern bedeuten die entsprechenden Verdünnungen der Stammlösung):

HCl (bis $\times 2^4$), HNO_3 (bis $\times 2^5$), H_2SO_4 (bis $\times 2^5$), H_3PO_4 (bis $\times 2^2$), Phosphormolybdänsäure (gesätt.), Osmiumsäure (bis $\times 2^6$); $AuCl_3$ (bis $\times 2^3$), $CuSO_4$, $ZnCl_2$, $ZnSO_4$ (bis $\times 2^7$), $CdCl_2$ (bis $\times 2^5$), $FeCl_3$ ($\times 2^2 - 2^6$), NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$, KJ, $K_3Fe(CN)_6$, Na_2SO_3 (bis $\times 2$), $Na_2S_2O_3$ (bis $\times 2$), Na_2CO_3 (bis $\times 2^4$); Ameisensäure (bis $\times 2^{12}$), Essigsäure, alle geprüften polybasischen organischen Säuren, Salizylsäure (bis $\times 2$); Na-Formiat (bis $\times 2^2$), Na-Azetat (bis $\times 2$), NH_4-Oxalat (bis $\times 2^2$); alle erprobten Alkohole (meist bis $\times 2^2$), Chloralhydrat ($\times 2 - 2^3$); Glyzerin ($\times 2 - 2^3$), Azeton ($\times 2 - 2^2$); Anilin ($\times 2^0 - 2^2$), Pyridin (bis $\times 2^4$), Phenol ($\times 2 - 2^5$); Antipyrin und Koffein.

Demgegenüber weist das Zytoplasma nicht im geringsten Schrumpfung auf bei der Wirkung von Chromsäure ($\times 2^2 - 2^{10}$), Platinchlorid, Wasserstoffsuperoxyd; $SnCl_2$ ($\times 2 -$), $CoCl_2$ ($\times 2^2 - 2^6$); Mg- und Al-Salze, NH_4SCN ($\times 2 - 2^2$), $KClO_3$ ($\times 2^2 - 2^3$), $Na_2B_4O_7$ (bis $\times 2$); Trichloressigsäure (bis $\times 2^4$), Na-Salizylat (bis $\times 2$); Chloralhydrat ($\times 2^0$ und

2^4), Azeton ($\times 2^3$), Benzol, Terpentinöl, Toluol, Xylol, Pyridin ($\times 2^5-2^6$), Kokain (2^0-2^2), Chininchlorid ($\times 2^4$) und Chininsulfat ($\times 2$). Diese zytoplasmatische Schrumpfung, welche allem Anschein nach meistens dem Zellentode vorhergeht, kann auch postmortal durch Nachbehandlung, d. h. Fixierung, Entwässerung usw. erst verursacht (z. B. bei Osmiumsäure, Formol usw) oder noch verstärkt (z. B. bei Alkoholen, Essigsäure usw.) werden. Die postmortale Schrumpfung des Zytoplasmas ist aber natürlich nicht von so bedeutender Strukturveränderung des Zellinneren begleitet wie die nekrobiotische Schrumpfung (vgl. unten).

Als Ursache für die letztere bestehen zwei Möglichkeiten; nämlich Entquellung und abnorm erhöhte Exosmose (Expermeabilität). Die erstere tritt hauptsächlich bei der Fixierungsform, die letztere bei der Metaform in den Vordergrund.

Der äussere Umriss des geschrumpften Zytoplasmas lässt nach Weber ('21b usw.) im Grossen auf die gelegentliche Plasmaviskosität schliessen. Bei der erniedrigten Plasmaviskosität findet man das geschrumpfte Zytoplasma abgerundet, so z. B. bei Rohrzucker, Glyzerin (Nichtelektrolyten überhaupt), während bei der Wirkung verschiedener Elektrolyte (besonders Säuren) sowie indifferenter Narkotika das eckige Ablösen des Zytoplasmas von Membran nicht selten anzutreffen ist, was ohne Zweifel die erhöhte Viskosität des Zytoplasmas anzeigt (vgl. Scarth ('24b) usw.). Das letztere pflegt im allgemeinen bei Metaform beobachtet zu werden, wobei die sogenannten Membranstrukturen ausgeprägt mit in die Erscheinung kommen (siehe gleich unten).

2. Membranartige Strukturen (Membranstrukturen) des Protoplasmas.

Diese weit verbreiteten Strukturmodifikationen bedeuten nichts anderes als die merklich hervortretenden Phasengrenzen zwischen einzelnen Strukturelementen, welche aller Wahrscheinlichkeit nach durch den Phasenumschlag der angeblichen emulsoiden Strukturen des Protoplasmas gebildet werden, wobei das Verlegen oder Entstellen jedes Strukturelements nicht ausgeschlossen ist (vgl. oben und weiter Yamaha ('25, '26). Ihnen gehören vor allem die sogenannte Hautschicht, Kernwand, Aussenhülle der Chromosomen (siehe unten), filzige, streifige oder membranöse Struktur des Zytoplasmas, Bläschenkörper im Zytoplasma und ferner auch die fädige Struktur der Spindelsubstanz (siehe unten), die alle eigentlich als Metaformen bei den besonders mit Säuren und

lipoidlöslichen Stoffen (Alkohol, Äther usw.) behandelten Objekten stets zusammenkommen (als Fixierungsformen, vgl. YAMAHA '25a, b, '26a und weitere Mitteilungen) und durch die vermutliche teilweise Auflösung oder Exosmose der Protoplasmagrundsubstanzen (z. B. Eiweisskörper, Lipoide, Karyotin usw.) unterstrichen zu werden scheinen (Fig. 1, 22, 63, 86, 132 &c.). Gewissermassen werden sie auch von der netzigen Struktur des Karyotins und häufig von dem von Membran abgelösten Zytoplasma (siehe oben und unten) begleitet. Nach eigener Lebendbeobachtung der Zellstrukturen (vgl. YAMAHA '26a) ergibt sich, dass diese Strukturmodifikation in lebendem Zustand kaum oder nur schwer bemerkbar ist und sich eine Reihe von Fixierungsartefakten (zumal Fällungsartefakten) darin einbegreifen lassen.

Über die Entstehungsweise der filzigen Struktur und Bläschenkörper im Zytoplasma, wie sie wohl schon im experimentellen Teil bekannt gemacht worden sind, kann ich nichts Genaues sagen. Möglicherweise stammen sie teils von verunstalteten Leukoplasten, teils von verquollenen Mikrosomen und Chondriosomen ab, vgl. YAMAHA ('25a), weiter auch SJÖBRING ('00.S. 300, 301), STRASBURGER ('00 S. 143), DENSMOORE ('08 S. 304), GEORGEVITCH ('10 S. 133), LEWITSKY ('11), ORMAN ('12), SCHWARZ ('92 S. 136), SPEK ('24 S. 318 ff.), GUILLIERMOND ('24 S. 25, 40, 45–6) usw.

Wie ich schon früher an anderer Stelle hervorgehoben habe, lassen sich Zytoplasmagranula (Mikrosomen), Vakuolen und Plasmastränge, welche gewöhnlich in lebenden Zellen zu sehen sind, nur mit Schwierigkeit fixieren (vgl. YAMAHA '26a). Ähnliche Strukturen, wie sie uns in fixiertem Zustande mit Häufigkeit entgegentreten, sind also meistens den sekundären Bildungen zuzusprechen („sekundäre Teilchen", sekundäre Vakuolisierung).

3. Strukturmodifikation des Zytoplasmas.

Je nach der Vorbehandlung entfaltet das Zytoplasma sehr mannigfaltige Strukturbilder, welche man im Groben in folgende fünf Hauptgruppen der Strukturarten einteilen kann:

(1) Homogene Struktur mit oder ohne Vakuolen—erscheint entweder im allgemeinen als Nekroform in abnorm erhöhtem Quellungszustand des Zytoplasmas oder als Fixierungsform unter vollständiger Beibehaltung der Grundsubstanzen, so z. B. bei Osmiumsäure, $K_2Cr_2O_7$, NH_4-Oxalat, Formaldehyd, vgl. Fig. 27, 28, 148, 163, 164 usw.

(2) Homogen-gerinnselige Struktur—tritt meistens als Fixierungsform,

mitunter als Metaform, selten als Nekroform auf und kommt häufig mit (1) zusammen. Beispiele: Ammoniak, $AgNO_3$, $HgCl_2$, $CuSO_4$, $MgSO_4$, NH_4Cl, $NH_4(SO_4)_2$, Na_2SO_4 und sonstige alkalisch reagierende Salze, Na-Salizylat, Alkohole, Chloralhydrat, Äther, Chloroform, Benzol, Xylol, Toluol, Alkaloide usw. Hier besteht die Grundsubstanz des Zytoplasmas aus dem dicht gleichmässig verteilten Gerinnsel, welches auch mit Vakuolen besetzt sein kann. Vgl. Fig. 39, 48–50, 111, 124, 165, 171 usw.

(3) Gerinnselige Struktur—stellt eines der weit verbreiteten Strukturbilder des Zytoplasmas dar. Die Wolke des Gerinnsels verteilt sich nicht so gleichmässig und lässt hie und da leere „Lücken" bleiben. Vgl. Fig. 4, 12, 18, 19, 30, 140 usw.

Die typische dieser Strukturart beobachtet man bei $H\,Cl$, $H\,NO_3$, Essigsäure, Pikrinsäure usw.

Das Gerinnsel kann nicht selten in einer netzigen Form angeordnet sein (z. B. bei Glyzerin, Azeton) oder mit Granula (z. B. H_2SO_4, CrO_3, Platinchlorid, $SnCl_2$) oder Vakuolen (z. B. $H\,Cl$, Phosphormolybdänsäure, $CdCl_2$, polybasische organische Säuren, Na-Azetat, Antipyrin, Azeton) vermengt sein.

(4) Gerinnselig-filzige Struktur—entspricht dem Fixierungsbild des Zytoplasmas in normalen Wurzelzellen von *Vicia*, *Glycine* usw. und verbreitet sich sehr weit als Metaform auch bei behandelten Zellen (Fig. 20, 66, 91, 107, 126, 152 usw.), besonders bei Al-Sulfat, Pb-Salzen, Co-Sulfat, Mn-Sulfat, Phosphorsäure, Borsäure usw. Sie unterscheidet sich darin von (3), dass ausser der gerinnseligen Grundsubstanz noch eine Menge der filzig oder streifig aussehenden Körper (Membranstruktur) und weiter häufig eine Anzahl von Bläschenstrukturen hinzukommen (siehe oben). Sie stellt die Übergangsform zu (5) dar.

(5) Filzige Struktur—hier lassen sich keine gerinnseligen Reste des Zytoplasmas bemerken. Das letztere sieht wie ein System der unregelmässig zerstreuten oder herumgehenden Fäden oder Membranstücke aus. Bläschenkörper kommen hier meistens vor (ausgenommen *Allium*-Wurzeln). Vgl. Fig. 1, 94, 108 usw.

Diese Strukturart des Zytoplasmas tritt nur als Metaform auf und zeigt anscheinend einen abnorm gesteigerten Entquellungszustand, der ohne Zweifel dem durch die erhöhte Exosmose herbeigeführten Substanzverlust des Zytoplasmas zuzuschreiben ist, wie man sich bei der Wirkung von Erdalkalisalzen, Säuren, Sulfaten usw. leicht vorstellen kann (vgl. S. 142, Membranstrukturen).

Die oben angeführten fünf Strukturarten des Zytoplasmas scheinen verschiedenem Quellungszustand des Zytoplasmas beim Zellentode zu entsprechen und werden mit einigen Abstufungen von einer Strukturart zur anderen verbunden (vgl. experimentellen Teil). Weiteres über die verschiedenen Fixierungsbilder des Zytoplasmas möchte ich meiner weiteren Mitteilung vorbehalten.

4. Vakuolisierung des Zytoplasmas.

Das lebende Zytoplasma lässt sich durch verschiedene Eingriffe leicht zur Vakuolisierung führen, so ausser mechanischer (vgl. DEGEN ('05), LUNDEGÅRDH ('22 S. 273) usw.), thermischer (vgl. KLEMM ('95 S. 636), HARTMANN ('18, '19), MATRUCHOT und MOLLIARD ('02), SCHRAMMEN ('02 S. 61, 62) usw.), elektrischer (KLEMM ('95 S. 651)) und RÖNTGEN- (z.B. KOMURO ('24 usw.)) oder Ultraviolettstrahlen-Wirkung (z.B. SCHULZE ('10 S. 73, 74)), können auch verschiedene Chemikalien die Vakuolisation des Zytoplasmas verursachen. Nach bisherigen Angaben sollen die folgenden Vakuolisierung bewirken: alkalische Stoffe, z. B. NH_3, KOH, Na_2CO_3, Pyridin (vgl. DEGEN ('05), KLEMM ('95 S. 683 usw.), DEMOOR ('95), DAVENPORT ('08 S. 51), KÜSTER ('10 S. 708), COWDRY ('24 S. 412)), Narkotika, z. B. Chloroform, Chloral, Benzol (s. DEMOOR ('95), DAVENPORT ('08 S. 51), KEMP ('10), LOEW ('06–'08 S. 7), NĚMEC ('99), BLAZEK ('02), MAINX ('24 S. 555) usw.) und Alkaloide (z. B. DAVENPORT ('08 S. 51), MAINX ('24 S. 559)), Phenol, $CuSO_4$ (STOCKBERGER ('10)) usw. Nach eigener Erfahrung können folgende Chemikalien die Vakuolisierung des Zytoplasmas leicht befördern: Phosphorsäure, Osmiumsäure, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, $CdCl_2$, NaCl, LiCl, NH_4SCN, $(NH_4)_2SO_4$, Na_2SO_4, KNO_3, $KClO_3$, $K_4Fe(CN)_6$, $K_3Fe(CN)_6$, alle alkalisch reagierenden Salze, Ameisensäure, polybasische organische Säuren, Pikrinsäure, Salizylsäure, Gallussäure, Methyl- und Äthylalkohol, Chloralhydrat, Glyzerin, Azeton, Harnstoff, Anilin, Pyridin, Morphin, Atropin, Antipyrin. Hier handelt es sich natürlich nur um die mit FLEMMINGS Gemische fixierbaren Vakuolen, die zweifelsohne nur einem Teil der im Leben wirklich hervorgebrachten entsprechen müssen. Das vakuolige Zytoplasma tritt sowohl als Nekroform wie auch als Fixierungsform auf. Im ersten Fall kann man von Quellungs- oder Koagulationsvakuolen (Explosionsvakuolen KLEMMS), im letzteren von Lösungs- (Solutionsvakuolen KLEMMS) oder Entmischungsvakuolen sprechen (vgl. auch SCHWARZ '92 S. 154 ff., BERG '04 S. 354, KLEMM '95 S. 683)[1]. Vgl. Fig. 26, 29, 46, 48, 148, 162–164 usw.

1) Für Entwässerungsvakuolen siehe z. B. NĚMEC ('10), TISCHLER ('21–'22, S. 684).

5. Nicht kugelige und amöboide Kerne.

Während in lebenden embryonalen (teilungsfähigen) Zellen sich der Zellkern nur ausnahmsweise anders gestaltet als kugelig, so können wir bei fixierten Objekten, besonders bei den vorbehandelten, die Kerne von unregelmässiger Form überall finden. Den welligen Umriss der Zellkerne bemerkt man der Hauptsache nach als Fixierungsform häufig bei der Wirkung von Schwefelsäure, Arsenigsäure, Javellescher Lauge, Pb-Salzen, $ZnSO_4$, NH_4-Rhodanid, K-Chlorat, Ferrozyankalium, K-Chromat, Borax, verschiedenen organischen Säuren (besonders Essigsäure) und ihren Salzen, Glyzerin, Butyl- und Isoamylalkohol, Äther, Chinin usw. (Fig. 12, 115, 131, 132 usw.). Er muss augenscheinlich als eine Fixierungsartefakte aufgefasst werden. Dagegen kann die Amöboidie der Zellkerne auch als Metaform vorkommen, indem sie entweder der Formveränderung der Ruhekerne oder der Rekonstruktion aus gestörten Chromosomenanordnungen ihren Ursprung verdankt. (Vgl. Fig. 35, 117, 128, 129, 174 usw.). Siehe weiter Schrammen ('02, S. 73), van Wisselingh ('03), Němec ('04), Georgevitch ('10 S. 133), Bast ('21), Küster ('21). Die amöboiden Kerne wurden bei der Wirkung von Wasserstoffsuperoxyd, Pb-Salzen, K-Chlorat, K-Zyanid, Pyridin, Butylalkohol, Chloroform, Pikrinsäure und Na-Salizylat wiederholt angetroffen.

6. Kernknospung.

Die an die Kernknospung erinnernden Bilder treten nur vereinzelt als Metaformen in die Erscheinung, nämlich nur bei der Wirkung von Zn-Salzen, Rhodanid und Äther (vgl. Matruchot u. Molliard '02, Wasielewski '04 S. 605, 606, Albrecht '02, Lundegårdh '10b S. 320). Hier schliesst sich auch die Karyomerenbildung an (siehe unten).

7. Kernhof.

Um die Ruhe- und Prophasenkerne sowie die Chromosomenhaufen in Ana- und Metaphase beobachtet man häufig eine leere Lücke (hellen Hof), gerade wie um die Nukleolen. Diese stellt meistens eine Fixierungsform, mitunter auch eine Metaform dar, welche insbesondere durch Chloroform, Methylalkohol, Salizylat, Oxal-, Essig- und Pikrinsäure, Ammoniak, Bikarbonat, Borax und weiter einige Alkalisalze, z. B. LiCl, KCl, NaCl, $KClO_3$, $KMnO_4$, K_4FeCy_6 bewirkt wird. Vgl. Schrammen ('02 S. 61), Němec ('99, '04 S. 657), Robyns ('24 S. 394, 400), Sakamura ('20) und ferner Fig. 23, 96, 171 usw. Kernhof wie Nukleolushof und Chromosomenhof (siehe unten) scheinen in gleicher Weise zur

Entstehung zu kommen. Hofbildung überhaupt zeichnet sich dadurch aus, dass sich nach aussen hin keine scharfe Grenzlinie ziehen lässt.

8. Schrumpfung und Quellung des Zellkerns.

Der Zellkern wird verhältnismässig selten merklicher Schrumpfung unterzogen, wobei er häufig eine eckige Gestalt annimmt, so beispielsweise als Nekroform bemerkt man die geschrumpften Kerne bei der Wirkung von Arsenigsäure, Zn-, Cd-, Sn- und Co-Salzen, Ammoniak, NH_4-Chlorid und NH_4-Rhodanid, K-Chlorat, K-Permanganat, Ferro- und Ferrizyankalium, alkalisch reagierenden Na-Salzen, Butylalkohol und Buttersäure, Glyzerin, Phenol, Pyridin, Anilin, Chloroform, Chloralhydrat und schliesslich Salzen von organischen Säuren.

Es ist merkwürdig, dass im Gegensatz zum Zytoplasma der Zellkern durch verschiedene alkalische (oder auch oxydierende) Substanzen zur Schrumpfung gebracht wird, was meines Erachtens damit zusammenhängt, dass die Kernschrumpfung in der Regel nicht von der Zytoplasmaschrumpfung, sondern von dem gequollenen Zustand des Zytoplasmas begleitet erscheint. Dieser Umstand scheint teils auf die verschiedene Permeabilität beider Strukturelemente, teils auf die häufig angegebenen voneinander weit abweichenden oder sogar entgegengesetzten kolloidalen sowie physikochemischen Beschaffenheiten derselben zurückzuführen zu sein (vgl. YAMAHA '26a S. 185).

Zellkerne erfahren die bedeutende Quellung durch die Wirkung von Ammoniak, K-Zyanid, Na-Karbonat, Essigsäure, Butyl- und Amylalkohol, Chloroform, Na-Formiat usw. Gequollene Zellkerne werden im allgemeinen als eine Fixierungsform oder richtiger Lösungsform (d. h. ein Anfangsstadium der Karyotinauflösung) aufgefasst.

9. Karyotinstrukturen.

Die lebende Struktur des Karyotins ist meistens tropfig-netzig oder homogen. Nur ausnahmsweise weist dasselbe eine deutlich netzige Struktur auf (vgl. YAMAHA '26a). Als Fixierungsformen des Karyotins erscheinen folgende Strukturmodifikationen:

(1) Homogen oder homogen-gerinnselig: z. B. bei Osmiumsäure, neutralem Formol, Bichromat, Isoamylalkohol, Chloralhydrat, Pyridin (Fig. 27, 28, 89, 171).

(2) Vakuolig: (siehe unten) bei Ammoniak, Ferrizyankalium, Na-Sulfit und -Hyposulfit, Borax usw. Diese Strukturform macht sich häufig bei der Wirkung von alkalisch reagierenden Stoffen und lipoidlöslichen organischen Verbindungen bemerkbar (siehe unten): (Fig. 102, 106 usw.).

(3) Netzig-vakuolig oder grob-netzig: sehr verbreitet bei Mineralsäuren, Alkalien, Schwermetallsalzen aus Pb- und Fe-Gruppe (Fig. 5, 7, 8, 20, 108, 133 usw.).
(4) Netzig-gerinnselig: gewöhnliche Fixierungsform des Karyotins (Fig. 34, 134).
(5) Flockig[1]: hier wird das anders strukturierte Karyotin entweder mit unregelmässig gestalteten „Karyosomen" gemischt oder als Ganzes einer Dispersitätsverminderung anheimgegeben, wobei das Karyotinnetz kaum oder spärlich sichtbar ist. Dies ist häufig der Fall bei der Wirkung von organischen polybasischen Säuren und indifferenten Narkotika. Ähnliches beobachtet man bei der teilweisen Auflösung oder Exosmose des Karyotins. (Fig. 2, 18, 52, 111 usw.).
(6) Gerinnselig: als Fixierungsform vereinzelt bei Äthyl- und Methylalkohol, $KMnO_4$, weiter häufig als Lösungsform (siehe unten). (Fig. 42, 107, 149, 160 usw.).

Auch hier sind eine Anzahl von Übergangsformen zwischen obigen sechs Strukturmodifikationen einzuschalten.

Als Nekro- und Metaformen kommen folgende Strukturarten des Karyotins hinzu:

(1) Homogen: als Quellungsform (Nekroform), vgl. MIEHE ('01 S. 123), SCHRAMMEN ('02 S. 81), WASIELEWSKI ('04 S. 600, 602), TISCHLER ('21–'22 S. 687), BORGENSTAM ('22 S. 12 ff.), MAINX ('24 S. 567) usw.
(2) Vakuolig: als Lösungsform (meist als Nekroform) (vgl. unten).
(3) Netzig oder gerinnselig-netzig: gewöhnliche Fällungsform (Metaform) des Karyotins.

Das Karyotin ist ungleich häufiger zur netzigen Struktur geneigt als das Zytoplasma, ein Umstand, welcher sich ohne weiteres daraus erklärt, dass dem ersteren eine erhöhte Viskosität zukommt, also bei der Fällung dort leicht ein Phasenumschlag herbeigeführt wird (siehe oben S. 136, weiter YAMAHA '26a S. 178, 184).

10. Aushöhlung des Karyotins.

Diese ist wahrscheinlich als ein Anfangsstadium der Karyotinauflösung oder Karyotinexosmose zu betrachten und wird demgemäss durch niedrige Konzentration der karyotinlösenden Stoffe (siehe unten, auch YAMAHA und SINOTÔ '25) bewirkt. Karyotinaushöhlung führt natürlicherweise zur Bildung eines breiten Hofes um den Nukleolus

1) Das flockige Karyotin tritt auch als Metaform auf (z.B. bei der Wirkung des Wassers oder genauer bei höheren Temperaturen, siehe die zweite Mitteilung).

(Fig. 10, 13, 32 usw.). Dabei tritt immer die grob-netzige oder vakuolige Struktur des Karyotins mit in die Erscheinung.

Das ausgehöhlte Karyotin beobachtet man am häufigsten bei der Wirkung von Salz-, Salpeter- und Phosphorsäure, Ammoniak, Pb-, Zn-, Sn-, Fe-, Co- und Mg-Salzen, Na-Chlorid, NH_4-Chlorid, NH_4-Rhodanid, K-Jodid, K-Chlorat, K-Permanganat, Ferro- und Ferrizyankalium, alkalisch reagierenden Salzen, Glyzerin, Morphin, Wein-, Zitronen- und Salizylsäure. Es handelt sich hier um eine Fixierungs- oder Nekroform (vgl. Komuro '24 S. 139, Matruchot u. Molliard '02 S. 404, 412). Wie schon früher bemerkt (vgl. Yamaha '25a, '26a), geht diese Strukturmodifikation unfehlbar mit den deutlichen Membranstrukturen einher.

11. Karyotinauflösung.

Über die Lösungsreaktion des Karyotins lässt sich nach unseren Versuchsergebnissen Folgendes zusammenfassen:

(1) Säuren bewirken im allgemeinen Karyotinfällung, während verschiedene alkalisch reagierende Substanzen und lipoidlösliche organische Verbindungen zur Auflösung des Karyotins befähigt sind.

(2) Folgende Verbindungen lassen sich als karyotinauflösende Stoffe bezeichnen: Cu-Sulfat, Ag-Nitrat, Kalilauge, Ammoniak, NH_4-Rhodanid, Na-Sulfat, K-Sulfat, K-Bromid, K-Jodid, Ferro- und Ferrizyankalium, K-Zyanid, K-Bichromat, Na-Karbonat, Na-Salizylat; Butylalkohol, Amylalkohol, Anilin, Phenol, Toluol, Xylol, Chloroform, Äther (über wirksame Konzentration siehe experimentellen Teil und auch Yamaha und Sinotô '25).

Auch Zn-, Cd- und Fe-Chlorid, Na-Sulfit, Na-Bikarbonat, NH_4-Oxalat erweisen sich etwas karyotinauflösend oder -exosmierend. Durch obengenannte Substanzen werden das Chromosom sowie das Spirem meistens bis zur letzten Spur aufgelöst, während das Karyotin der Ruhekerne stets einige flockige oder gerinnselige Reste zurücklässt, wobei einzelne Karyotintropfen ihre Individualität eingebüsst zu haben scheinen, mit anderen Worten, keinen äusseren Umriss oder gleichsam ihre Skelettbilder zurücklassen, wie es bei den aufgelösten Chromosomen der Fall ist (Fig. 38, 42–44, 111 usw.). Dieser Befund dürfte darauf hindeuten, dass die Karyotintropfen, wie sie in lebendem Zustand beobachtet werden, keine metakolloidale Struktur der Zellen (siehe Yamaha '26a S. 179, 185) darstellen, wie die mit einer Membranstruktur (Chromosomenhülle, siehe unten) bekleideten Chromosomen selbst.

Für die Literatur über die Mikrochemie des Karyotins verweise ich auf meine Abhandlung (YAMAHA und SINOTÔ '25).

12. Karyotinaustritt.

Bei der Nekrobiosis der Zellen wird häufig das Karyotin (der Ruhekerne und der Chromosomen) durch die Kernwand oder Chromosomenhülle hindurch in das Zytoplasma hinausdiffundiert, indem es für gewöhnlich einen gerinnseligen Rest hinter sich lässt (Fig. 45, 63, 144, 160). Solches kommt im allgemeinen als Nekroform oder auch Metaform zum Vorschein. Meines Wissens steht diese nekrobiotische Karyotinexosmose zum angeblichen Chromatinaustritt (Chromidialapparat usw.) in keiner Beziehung.

13. „Karyolyse".

Diese etwas bizarre Strukturmodifikation tritt als eine der weit verbreiteten Metaformen auf, besonders bei der Wirkung von Phosphorsäure, Arsenigsäure, Cu-, Zn-, Cd-, Fe$^{\cdot\cdot}$-, Mn-Salzen, Sr-Chlorid, Li-Chlorid, K-Sulfat, K-Nitrat, K-Chlorat, K-Permanganat, Ferro- und Ferrizyankalium, Karbonat und Bikarbonat, Borax, Ameisensäure, Morphin, Chinin, Amylalkohol, Chloroform, Äther, Terpentinöl usw. (Fig. 52, 90). Wie oben angedeutet, braucht solche linsenförmige Abhebung der Kernwand von Karyotin nicht nur durch Hypertonie bewirkt zu werden (siehe oben: experimentellen Teil). Im Gegenteil ist sie auch durch Hypotonie (destilliertes Wasser, sehr verdünnte Lösung obengenannter Substanzen) bedingt (vergl. oben). Wie sie zur Bildung kommen kann, muss leider zurzeit dahingestellt bleiben. Nur darauf möchte ich hinweisen, dass sie stets mit den Membranstrukturen, besonders mit filziger Struktur des Zytoplasmas und unverkennbar netziger Karyotinstruktur zusammenkommt, was an eine Entquellungsform denken lässt, die die geschädigte (erhöhte) Permeabilität der Kernwand sowie des Zytoplasmas zur Folge hat[1].

14. Vakuolisierung des Zellkerns.

Nach unseren Versuchen tritt die Vakuolisierung des Zellkerns nicht minder häufig hervor als die des Zytoplasmas (siehe oben) und zwar sowohl als Fixierungs- wie als Nekroform bei der Wirkung folgender Substanzen: Mineralsäuren, Alkalien, Ameisen-, Butter- und Salizylsäure, Salze von organischen Säuren, Schwermetallsalze aus Pb-

1) Hierfür spricht auch der Umstand, dass Karyolyse durch Temperaturerhöhung befördert wird, siehe II. Mitteilung.

und Fe-Gruppe, verschiedenen Alkalisalzen, Äther usw. Es ist von Interesse, dass die vakuolige Struktur des Zellkerns sehr naturgetreu fixierbar zu sein scheint, was sich augenscheinlich aus der erhöhten Viskosität der Karyotinkolloide im Vergleich mit Zytoplasmakolloiden erklärt. Die Vakuolisierung des Karyotins wird eigentlich als eine Nekroform aufgefasst, wenn sie auch als Fixierungsform bei der Wirkung von karyotinauflösenden Stoffen herbeigeführt werden kann. Nach vorliegenden Literaturangaben soll der Zellkern durch niedrige und höhere Temperaturen (Matruchot und Molliard '02, Schrammen '02), Entwässerung (Küster '16 S. 303) oder Säurewirkung (Ritter '11 S. 24, 25) eine Vakuolisation erleiden. Als Degenerationsform bemerkt Kisser ('22) neuerdings die Vakuolisierung der Kerne. Sie wird meistens (bei Nekroform) als eine Quellungsform, mitunter auch als Lösungsform (bei Fixierungsform) angesehen.

15. Nukleolus unregelmässiger Form.

Wie ich früher an anderer Stelle hervorgehoben habe, ist der Nukleolus in der embryonalen Zelle in der Regel vollkommen kugelförmig gestaltet. Bei den fixierten und vorbehandelten Zellen kann er aber eine unregelmässige Form annehmen, wie der Zellkern selbst und zwar minder häufig, wie hier. Entstellten Nukleolus beobachten wir als Fixierungsform bei der Wirkung von Phosphorsäure, Javellescher Lauge, Zn- und Ni-Salzen, K-Chlorat, K-Permanganat, Essig-, Butter-, Fumar-, Bernsteinsäure, Alkoholen, Chloroform, Xylol, Toluol, Chloralhydrat, Formol, Phenol, Anilin, Morphin, Chinin, Kokain, Salizylat usw. Amöboidie der Nukleolen tritt auch im Ruhekern bei den Methylalkohol- und Amylenhydrat-Präparaten häufig auf. Vgl. Schrammen ('02 S. 84), Sabline ('03 S. 483), Mainx ('24 S. 572) usw. und weiter unsere Fig. 131, 149, 171 usw. Aus unseren Versuchsergebnissen ist es ohne Schwierigkeit zu ersehen, dass die amöboiden Nukleolen ausschliesslich als Fixierungsform und niemals als Metaform, wie bislang häufig angenommen wird, (vgl. oben) in Erscheinung treten. Ob die angebliche Amöboidie des Nukleolus in Prophase in normalen Zellen (siehe Yamaha uud Sinotô '25) auch als Fixierungsform betrachtet werden kann, darüber geben weder unsere experimentell-zytologischen Untersuchungen noch Lebendbeobachtung (siehe Yamaha '26a) Aufschluss. Soviel steht jedenfalls fest, dass in beiden Fällen die bezügliche Strukturmodifikation auch als eine Fixierungsartefakte entstehen kann.

16. Vakuolisierung und Auflösung des Nukleolus.

Von den vakuolig gebauten Nukleolen haben wir auch in normalen fixierten sowie lebenden Zellen manche Kenntnis (vgl. YAMAHA und SINOTÔ '25). Auf experimentellem Wege kann man auch die Vakuolisierung des Nukleolus erzeugen, so z. B. durch die Behandlung mit Salpetersäure, Phosphormolybdänsäure, Ag-, Sn- und Fe··-Salzen, Butter- und Gallussäure, Kokain und Phenol. Vgl. Fig. 12, 13, 42, 87 usw. Die in Frage stehende Vakuolisierung bringt nicht selten die Verminderung oder sogar Vernichtung der Färbbarkeit des Nukleolus gegenüber basischen Farbstoffen (Basophilie und Siderophilie) mit sich (siehe unten). Die Vakuolisation des Nukleolus gehört im allgemeinen nicht zur Lösungsform, da sie durch nukleolusauflösende Mittel nicht im geringsten begünstigt wird, als welche man folgende Stoffe nennen kann: Salzsäure, Na-Formiat, Borax, Na-Sulfit (?), Na-Bikarbonat (?) (siehe YAMAHA und SINOTÔ '25). (Fig. 4, 144).

Es verdient besondere Beachtung, dass ausser HCl die nukleoluslösenden Stoffe alle alkalisch reagieren. Dass aber die (OH)-Ionenwirkung hierbei keine Hauptrolle zu spielen vermag, ist ja daraus ersichtlich, dass so zahlreiche andere basische Verbindungen nicht die geringste Andeutung auf die Auflösung des Nukleolus aufweisen.

17. Anderweitige Strukturmodifikationen des Nukleolus.

In normalem Zustand steht der Nukleolus an Färbbarkeit keineswegs dem Karyotin und den Chromosomen nach, soweit es sich um die karyotinreichen Kerne handelt. Dagegen wird er durch die Behandlung mit verschiedenen Chemikalien leichter entfärbbar. Solche blass gefärbten Nukleolen bemerkt man nur als Fixierungsformen bei der Wirkung der meisten geprüften Säuren (organischen wie anorganischen), einiger Schwermetallsalze (Zn-Chlorid, Pb-Nitrat, Sn-Chlorid, Fe-Sulfat, Ni-Sulfat), Ammoniak, NH_4-Rhodanid, K-Zyanid, K-Bichromat, Na-Sulfit usw. (Vgl. Fig. 5, 7, 116, 131, 134). Durch die Vorbehandlung mit Sublimat, Wasserstoffsuperoxyd, Ni-Salzen, Buttersäure usw. wird der Nukleolus nicht selten verbräunt.

Der Nukleolus erleidet durch die äusseren Bedingungen nicht so leicht Quellung oder Schrumpfung wie der Kern und das Zytoplasma, was auf die Festigkeit und Dichtigkeit desselben schliessen lässt, wie es auch schon von anderen Forschern häufig angegeben ist (vgl. YAMAHA '26a, weiter PRICE '14 S. 615, DAVENPORT '08 S. 114 usw.). Auf Nukleolus

wirken quellend beispielsweise Formol und Formiat, NH_4-Rhodanid, Essig-, Äpfel- und Weinsäure, und schrumpfend Ferro- und Ferrizyankalium, K-Chlorat, Na-Sulfit, Karbonat und Bikarbonat, Borax, Salizylsäure, Amylalkohol, Äther usw.

Die persistenten Nukleolen in Metaphase treten auch unter abnormen Bedingungen hervor, besonders häufig bei der Wirkung von Gallussäure, Salpetersäure und Sn-Chlorid, vereinzelt auch HCl, $CoCl_2$, NH_4SCN, Kokain usw. Diese stellen ohne Zweifel Metaformen dar und in anderen Fällen gehören sie einer normalen Erscheinung an (vgl. YAMAHA und SINOTÔ '25). (Fig. 12, 87, 181, und siehe weiter SCHRAMMEN ('02 S. 83), SABLINE ('03 S. 485, 493 usw.), WASIELEWSKI ('04), GEORGEVITCH ('10 S. 131), MAINX ('24 S. 568, 574) usw.).

Die sogenannten extranuklearen Nukleolen, welche normalerweise in Anaphase und Telophase der Kernteilung in den Pollenmutterzellen aufzutreten pflegen (s. YAMAHA '20b), können auch in den Wurzelzellen im Stadium von Zellplattenbildung unter abnormen Aussenbedingungen häufig in Erscheinung treten (vgl. Fig. 24, 80, 93 usw.) und zwar bei der Wirkung von Borsäure, Ni- und Ca- Salzen, NaCl, NH_4SCN, Na-Sulfit und Na-Hyposulfit, Buttersäure, Pikrinsäure, Chloralhydrat und Oxalat. Sie erscheinen besonders da auffällig, wo die Zellplattenbildung ausbleibt oder gehemmt wird und entsprechend entweder den Nekroformen oder Metaformen.

Im Anschluss an die Mitosenanomalien finden wir zuweilen eine abnorme Vermehrung der Nukleolen an Grösse oder Zahl, z. B. bei Chloralhydrat (Fig. 166, siehe auch SCHRAMMEN ('02), SABLINE ('03), VAN WISSELINGH ('03), GEORGEVITCH ('10), TISCHLER ('21–22 S. 85), BORGENSTAM ('22 S. 12 ff.), SAMUELS ('23 S. 171), MAINX ('24) usw.). Es handelt sich hier um eine Metaform, die ich der gleich unten angeführten Karyosomenbildung beiseite stellen möchte.

Die an die Knospung erinnernde Form des Nukleolus wird nur als Nekroform beobachtet, besonders in schöner Weise bei Ammoniakwirkung (Fig. 39), wo die Ausstossung oder Herausperlung desselben stattzufinden scheint (s. VAN WISSELINGH '02 S. 122, DERSCHAU '08 usw.).

18. Nukleolushof.

Der helle Hof um Nukleolus vertritt eine der bekanntesten Fixierungsartefakten und erscheint sowohl als Fixierungsform wie auch als Metaform. Gewisse Chemikalien begünstigen die Hofbildung, während bei der Wirkung von anderen der Nukleolus hoffrei bleiben kann. Zu den ersteren gehören starke Säuren (Mineralsäuren), Silbernitrat,

Sublimat, Ferrisalze, Morphinchlorid usw., zu den letzteren Arsenigsäure, Osmiumsäure, Co-Chlorid, Al-Salze, NH_4-Chlorid, Essigsäure, Butylalkohol, Isoamylalkohol, Formaldehyd, Azeton, Chloroform, Toluol, Anilin usw. Der Nukleolushof, wie andere Hofbildung, verknüpft sich mit der bestimmten Strukturform aussenliegenden Zellbestandteils, also hier des Karyotins. Bei den karyotinreichen Kernen (von *Vicia*, *Allium* usw.) macht sich nämlich der Nukleolushof in den netzig oder vakuolig gebauten Kernen bemerkbar und wird niemals von homogenem, flockigem oder gerinnseligem Karyotin begleitet (siehe Fig. 3, 7, 13, 32, 52, 171 usw.). Bei den karyotinarmen Kernen (siehe YAMAHA und SINOTÔ '25) kommt die Hofbildung um den Nukleolus meistens vor (vgl. Fig. 19, 21, 29, 77, 89 usw.). Als Entstehungsmoment dafür stelle ich, wie schon früher ausgeführt wurde (vgl. YAMAHA u. SINOTÔ '25, YAMAHA '26a S. 186), vor allem die Aushöhlung des Karyotins wegen teilweiser Auflösung oder Exosmose hin.

19. Karyosomen.

Die Karyosomen, wie sie LUNDEGÅRDH besonderer Karyotinansammlung im Gerüstwerk beigelegt hat, treten unter abnormen Bedingungen auffällig hervor, so z. B. durch die Wirkung von destilliertem Wasser, Sublimat, K-Permanganat, Bichromat, Ameisensäure, Alkoholen und anderen indifferenten Narkotika, Formol, Phenol, Anilin, Kokain, und stellen eine Fixierungs- oder Metaform dar, welche unabhängig von der Karyotinstruktur vorkommen kann. Diese Strukturform lässt sich nur schwer von den vermehrten Nukleolen unterscheiden (vgl. S. 153, Abschnitt 17).

Im Spiremstadium findet man häufig bei den behandelten Zellen den Kern mit einer Anzahl von nukleolus- oder karyosomähnlichen Körpern besät, so z. B. bei Phenol, Sn- und Co-Salzen, $MgSO_4$, Na-Hyposulfit und einigen organischen Säuren (Bernstein-, Wein- und Zitronensäure), vgl. Fig. 55, weiter auch SABLINE ('03 S. 485, 492), KEMP ('10), SAKAMURA ('20) usw.

20. Chromosomenhof.

Ebenso wie Nukleolus und Kern kann auch jedes Chromosom einen hellen Hof um sich bekommen. Der Chromosomenhof erscheint auffallend insbesondere bei der Wirkung von Borsäure, Phenol, Chloralhydrat, Gallussäure, Salizylat und Formiat. Dabei findet die Schrumpfung der Chromosomen selbst nicht gewöhnlich statt. Diese Strukturform, wie Kernhof (siehe oben), pflegt von bestimmten Zytoplasmastrukturen

(gerinnselige oder homogen-gerinnselige) begleitet zu sein und für gewöhnlich als eine Fixierungsform aufzutreten. Für das Entstehungsmoment derselben lässt sich das Gleiche annehmen wie bei anderer Hofbildung (vgl. Kernhof und Nukleolushof). Vgl. Fig. 23.

21. Strukturmodifikationen der Spireme und Chromosomen.

Das Chromosom und das Spirem, welche beide im Leben ganz homogen aussehen (vgl. YAMAHA '26a), zeigen nach Fixierung mannigfaltige Strukturmodifikationen, die sich folgendermassen unterscheiden lassen:

(1) Fixierungsformen.
   a. Körnig (Chromomeren) (Fig. 15, 171).
   b. Flockig (Fig. 5, 12, 140).
   c. Vakuolig und netzig (Fig. 157, 168).
   d. Gerinnselig (Fig. 41, 87).
   e. Homogen-gerinnselig (Fig. 86, 130).

(2) Nekroformen.
   Vakuolig.

(3) Metaformen.
   Doppelkontouriert, d. h. Aussenhülle und gerinnselige oder homogene Innenstruktur.

Alle diese Strukturmodifikationen beobachtet man sowohl in Chromosomen als auch in Spiremen bei verschiedenartigen Fixierungsmitteln, auch in normalen Zellen. Unter abnormen Bedingungen erscheinen sie nur in auffälliger Weise.

Granuläre Struktur der Chromosomen und Spireme tritt bei der Wirkung von den diese entquellenden Mitteln hervor, so z. B. Schwefelsäure, Eisenoxydulsulfat, Borax, Methylalkohol, Chloroform, Anilin, Chininsalze.

Vakuolisation der Chromosomen, selten auch der Spireme, finden wir als Fixierungsform bei der Wirkung von Salzsäure, Phosphormolybdänsäure, Ammoniak, Zinksulfat, K-Nitrat, K-Jodid, Ameisensäure, Buttersäure, Glyzerin, Phenol, Toluol, Xylol, Azeton, Äther.[1] Als Nekroform kommen die vakuolig gebauten Chromosomen nur vereinzelt vor. Jedenfalls kommt die Vakuolisation der Chromosomen, abgesehen von denen in Anaphase und Telophase, weniger häufig

1) Hier bezieht es sich im wesentlichen auf Prophasen- und Metaphasenchromosomen, siehe weiter NĚMEC ('99 S. 245), OVERTON ('22), MAINX ('24 S. 566), WASIELEWSKI ('04) usw.

zustande als die Vakuolisierung von Zytoplasma und Karyotin, was verschiedene physikochemische Erklärung finden kann. Ausserdem scheint sie mir meistens keiner Lösungsform zu entsprechen, weil die vakuoligen Chromosomen für gewöhnlich nicht durch karyotinauflösende Agenzien zutage gebracht werden.

Die Aussenhülle der Chromosomen entspricht, wie ich früher bemerkte (siehe Yamaha '26a), der Membranstruktur derselben und ist demzufolge von anderen Membranstrukturen begleitet, nur dass sie minder häufig und schwerer bemerkbar erscheint als die letzteren. Besonders deutlich kommt die Doppelstruktur der Chromosomen vor bei der Wirkung von Schwefelsäure, Phosphorsäure, Phosphormolybdänsäure, Arsenigsäure, Cu-, Zn-, Cd-, Sn- und Mn-Salzen, $KClO_3$, Ferrizyankalium, Na-Karbonat, verschiedenen organischen Säuren, vor allem Zitronensäure, Azetat, Formiat, Butylalkohol, Amylalkohol, Chloroform und Äther. Alle diese Chemikalien können in verdünnter Lösung die Membranstrukturen aller Arten deutlich hervortreten lassen. Merkwürdig ist noch, dass die in Frage stehende Metaform stets mit der gerinnseligen oder homogenen Chromosomenstruktur zusammenhängt und weiter, dass die Färbbarkeit der Chromosomen dabei nicht selten merklich vermindert wird. Nach obigem tritt es ohne weiteres hervor, dass die Aussenhülle der Chromosomen ebenso wie anderartige Membranstruktur durch die gesteigerte Exosmose der Grundsubstanz betreffenden Strukturelementes verdeutlicht wird (vgl. meine weitere Mitteilung).

Derselben Kategorie gehört die in der Literatur häufig angegebene Doppelstruktur der Chromosomen in fixierten Materialien an, vgl. z. B. Bonnevie ('08 S. 501), Overton ('22), Conklin ('17 S. 402), Fraser und Snell ('11), Lundegardh ('12c S. 401, 421, '13 S. 266), Litardière ('21 S. 404 ff., 466 ff.), Sands ('23 S. 348), Tamura ('23 S. 134) usw.

Man darf nicht diese Metaform mit der Längslichtung der Chromosomen verwechseln, welche als eine Fixierungsform auch in normalem Zustand der Zellen bekannt ist. Die Längsspaltung der Chromosomen tritt bei der Wirkung von denjenigen Mitteln deutlich hervor, welche die Chromosomen zur Schrumpfung führen (siehe unten). In dieser Richtung besonders wirksam erweisen sich Phosphorsäure, Zitronensäure, Fe-Sulfat, Glyzerin, Chininsalze, Formol, Toluol und Xylol.

22. Formenmodifikationen der Chromosomen.

(1) Quellung und Schrumpfung der Chromosomen. Quellung der

Chromosomen geht im allgemeinen mit der Auflösung des Karyotins einher. Ausserdem bemerkt man die gequollenen Chromosomen sowohl als Fixierungs- wie Metaformen bei der Behandlung mit Kalilauge, K Br, KJ, K-Chromat, K CN, Essigsäure, Azeton, Formiat usw. Demgegenüber wird die Schrumpfung der Chromosomen häufig als Nekroform und auch als Fixierungsform durch verschiedene Chemikalien verursacht: Mineralsäuren ($H NO_3$, $Cr O_3$, H_3PO_4, Phosphormolybdänsäure), Ammoniak, JAVELLEsche Lauge, Schwermetallsalze (Hg, Ag, Zn, Sn, Co), Alkalisalze (Na Cl, alle NH_4-Salze, $K Cl O_3$, Ferrozyankalium, alkalisch reagierende Na-Salze), organische Säuren (Ameisen-, Butter-, Äpfel-, Wein-, Zitronen-, Pikrin-, Salizylsäure), Salizylat, Azetat, Formiat, Methylalkohol, Amylenhydrat, Chloroform, Äther, Xylol, Toluol, Glyzerin, Formol, Chloralhydrat, Phenol, Pyridin, Anilin, Morphin, Chinin. Die geschrumpften Chromosomen weisen nicht selten eine körnige oder flockige Struktur auf und verschmelzen sich häufig miteinander[1] (siehe unten). Es bietet ein theoretisches Interesse zu bemerken, dass die Chromosomen als Nekroform eher zur Schrumpfung als zur Quellung geneigt sind, welch letztere sich im allgemeinen bei weitem weniger häufig zu erkennen gibt. Es hat den Anschein, als ob die Schrumpfung der Chromosomen und Kerne durch die Quellung des Zytoplasmas befördert werde.

(2) Einschnürung (Quersegmentierung) der Chromosomen. Bei den behandelten Materialien kommen die eingeschnürten Chromosomen neben Fixierungsformen (normale Struktur?) auch als Metaformen wiederholt zur Erscheinung. Ausser bei indifferenten Narkotika (siehe SAKAMURA '20) hatte ich Gelegenheit, auch bei Phosphormolybdänsäure, $K MnO_4$, Karbonat und Bikarbonat, Gallussäure, Zitronensäure, Pyridin usw. die ausgeprägte Chromosomeinschnürung zu erkennen (siehe weiter WOYCICKI ('06), TISCHLER ('21–'22 S. 524), MAINX ('24 S. 569, 575), TAKAMINE ('24) usw.). Es finden sich drei Arten von Quersegmentierung ein. An der Einschnürungsstelle ist nämlich das Chromosom entweder abgerundet (z. B. Fig. 124, 158), oder gerade abgestützt (Fig. 69, 159), oder auch mehr oder minder ausgezogen (Fig. 87, 186 usw.). Die Einkerbung wird im ersten Falle durch die Verkürzung und Verdickung der betref-

1) Hierbei wird natürlich die Zerstörung der Phasengrenze (Aussenhülle) der Chromosomen mit herbeigeführt. Vgl. YAMAHA ('26a S. 191).

fenden Chromosomen immer auffälliger, wie die schönen zahlreichen Abbildungen SAKAMURAS veranschaulichen (SAKAMURA '20), während bei der zweiten Art der Quersegmentierung irgend eine Entstellung der Chromosomen kaum bemerkbar sein kann. Der letzteren Art der Einschnürung können wir nur ausnahmsweise begegnen.

(3) Fragmentierung der Chromosomen (Fig. 69, 70, 153, 158, 159 usw.). Wie man im experimentellen Teil häufig gesehen hat, wird das Chromosom durch verschiedene Agenzien leicht der Quere nach fragmentiert. Dieser Vorgang ist ja gerade als ein vorgerücktes Stadium der obenerwähnten Quersegmentierung aufzufassen, obgleich die Fragmentierung nicht immer an der Einschnürungsstelle zu geschehen braucht. Die in Stücke zerbrochenen Chromosomen gewöhnlich mit gerade zugeschnittenen Enden pflegen mehr oder weniger ungeordnet zu sein und treten als Metaformen auf bei der Wirkung von Phosphormolybdänsäure, JAVELLEscher Lauge, den meisten Schwermetallsalzen (ausgenommen Ag-, Cu-, Hg- und $Fe^{\cdots}$-Salze) und Alkalisalzen, organischen Säuren (ausser Essigsäure, Trichloressigsäure und Oxalsäure) und ihren Salzen, indifferenten Narkotika, basischen organischen Verbindungen (Pyridin, Anilin, Alkaloiden) usw. Anorganische Säuren und Alkalien, Erd- und Erdalkalisalze usw. vermögen die Fragmentierung der Chromosomen nicht hervorzubringen.

(4) Gezackte und miteinander gebrückte oder anastomosierte Chromosomen und Spireme. Soweit unsere Beobachtungen an einigen lebenden Wurzel- und Haarzellen (vgl. YAMAHA '26a) in Betracht kommen, zeigen die Chromosomen in gesund lebendem Zustand einen völlig glatten Umriss. So lassen sich die gezackte Oberfläche und Anastomosen der Chromosomen nicht als eine Naturstruktur ansehen. Wirklich erscheinen sie als Fixierungs- und Metaform sehr weit verbreitet und zwar besonders bei der Wirkung von Borsäure, Phosphormolybdänsäure, JAVELLEscher Lauge, Pb-, Zn-, Sn- und Mn-Salzen, $KClO_3$, K_3FeCy_6, $NaHCO_3$, Butter-, Fumar-, Zitronen- und Gallussäure, und anderen organischen Verbindungen. Miteinanderbrücken der Chromosomen wird gewöhnlich nur seitlich, vereinzelt (z. B. Gallussäure) auch am Ende derselben (Endverklebung) zustandegebracht. Das letztere mag sich schwer von dem dritten Typ der Chromosomeneinschnürung unterscheiden lassen, vgl. Fig. 151, 153, 167, 186 usw. Die Anastomosierung der Telophasen- sowie Anaphasenchromosomen, wie sie im fixierten Objekte wohl bekannt ist, wird auch durch die obengenannten Chemikalien verstärkt und

soll also offenbar einer Fixierungsform angereiht werden[1]. Ebensowenig wie die vakuolige Struktur der Anaphasenchromosomen hat sie sich bei unserer Lebendbeobachtung ganz einwandfrei feststellen lassen (vgl. YAMAHA '26 a).

(5) Gekräuselte Chromosomen. Diese seltsame Formenmodifikation tritt dann und wann als Metaform bei der Wirkung von Chloralhydrat, $FeSO_4$, KBr, Kaliumpermanganat, Bernstein- und Gallussäure in die Erscheinung. Dabei erfahren die verunstalteten Chromosomen nicht selten eine keulenförmige Endauftreibung (Fig. 68, 99, 105 usw.). Auch die stellenweise Verklebung (häufig Endverklebung) der Chromosomen kommt zuweilen mit dazu.

(6) Klumpige und verdickte Chromosomen. Als Metaformen und Nekroformen entstellen sich die Chromosomen leicht zu unregelmässigen Klumpen, zumal durch die Wirkung von Borsäure, Arsenigsäure, Phosphormolybdänsäure, Ammoniak, JAVELLEscher Lauge, Schwermetallsalzen (ausser Au, Ag, Hg, Cd, $Fe^{\cdots}$, Ni), Kaliumchlorat, Ferrozyankalium, Gallussäure, Salizylsäure, allen erprobten Salzen von organischen Säuren, Phenol, Anilin und Morphin. (Fig. 54, 66, 69, 70, 71, 170 usw.). Noch häufiger erscheint das Dicker- und Kürzerwerden der Chromosomen, also die Annäherung der Chromosomenform an die Kugelgestalt, welche sich nach SAKAMURAS stattlichen Reihen der Versuche als eine allgemeine Reaktionserscheinung der Chromosomen auf irgend eine für das Zellenleben ungünstige Aussenbedingung herausgestellt hat (SAKAMURA '20). Siehe weiterhin LUNDEGÅRDH ('12c S. 402; '14a S. 162, 170, 175), NĚMEC ('06, '10, S. 261), KONOPACKI ('12 S. 143, 153), KÜSTER ('16 S. 304) usw.

Bei solcher Entstellung brauchen die Chromosomen nicht immer ihren glatten Umriss beibehalten zu haben, sondern sie erhalten mit Häufigkeit eine eckige Kontour. Die bezügliche Formenmodifikation wird als Metaform des öfteren durch folgende Chemikalien bedingt: Borsäure, Arsenigsäure, die meisten Schwermetallsalze (ausgenommen die Salze von Au, Ag, Hg, Sn), LiCl, KCl, NaCl, NH_4SCN, $KMnO_4$, Ferri- und Ferrozyankalium, Karbonat und Bikarbonat, Borax, Gallussäure, Methylalkohol, Terpentinöl, Azeton, Pyridin, Anilin, Morphin usw.

(7) Anderartige Verunstaltung der Chromosomen. Abgesehen von den oben angeführten und hauptsächlich bedeutsamen Formverände-

1) Über die Anastomosen der Metaphasenchromosomen bei der eingruppigen Rekonstruktion (einpoliger Mitose) siehe weiter unten.

rungen, den die Chromosomen unter abnormen Aussenbedingungen anheimgegeben werden, kommen noch weitere verhältnismässig geringfügige Entstellungen der Chromosomen in verschiedenen Graden überall vor. Diese geschehen als Fixierungs- sowie Metaformen bei der Wirkung von einer Unmenge der ausprobierten Chemikalien aus jeder Gruppe. Auf die Chromosomen am geringsten entstellend wirken u. a. starke Säuren, Alkalien, Hg- und Ag-Salze, Erdalkalisalze und fernerhin einige gebräuchlich als Fixierungsmittel zur Anwendung kommende Substanzen (Essigsäure, Osmiumsäure, Trichloressigsäure usw.). Als Beispiele für diese Formenmodifikation des Chromosoms werden genannt: wellige, runzelige oder sonst unregelmässige Kontour der Chromosomen, stellenweise Verdickung oder Verjüngung derselben, verunstaltetes Chromosomenende usw., welche sich alle in fixierten Materialien überall zu erkennen geben.

Alle obigen Formenmodifikationen der Chromosomen treten mit Seltenheit jede für sich allein, häufiger aber einige davon gleichzeitig zusammen auf, zumal da, wo es sich um die Metaformen handelt. Im übrigen sind sie manchmal von der Störung der Chromosomenanordnung begleitet (siehe unten). Als Fixierungsformen lassen sie sich jedoch anscheinend auch unabhängig von den Mitosenanomalien beobachten (vergleiche experimentellen Teil).

23. Verteilungsmodifikationen der Chromosomen.

Die Störung der normalen Chromosomenanordnung können wir auf zwei Rubriken verteilen. Die erste, d. h. die Nekroformen (mitunter Fixierungsformen?) umfasst die Zusammenballung oder teilweise Verschmelzung der Chromosomen miteinander und die zweite entspricht ausschliesslich den Metaformen, die vor allem die zerstreuten, verspreizten und sonst abnorm ungeordneten Chromosomen in sich schliessen. Allem Anschein nach lässt sich die aggregative Verteilungsmodifikation als Quellungsform, die dispersive dagegen als Entquellungsform auffassen, wenn die beiden Anomalien der Chromosomenverteilung selbst schon nicht unmittelbar durch die Quellungs- oder Entquellungserscheinung bedingt werden mögen. Man kann die Verteilungsmodifikationen der Chromosomen nach beiden Richtungen hin nicht selten durch ein und dasselbe chemische Agens erzielen, wobei die aggregative bei höheren Konzentrationen, die dispersive bei niederen zustandekommen.

(1) Aggregative Verteilungsmodifikationen der Chromosomen. Diese Nekroform tritt bei ungefähr allen geprüften Chemikalien auf (s.

Fig. 11, 23, 26, 76, 86, 137, 148 usw.). Relativ selten beobachtet man die Zusammenballung der Chromosomenhaufen (Metaphase und Anaphase) bei der Wirkung von HCl, CrO_3, Phosphorsäure, Platinchlorid, Osmiumsäure, Kalilauge und JAVELLEscher Lauge, Ag-, Cu-, Ni-Salzen, Essigsäure, Trichloressigsäure, Oxalsäure, Äpfel- und Weinsäure, Al- und Erdalkalisalzen, Alkalisulfaten usw. Die teilweise Verklebung der Chromosomen miteinander yerbreitet sich noch weiter und wird augenscheinlich durch kolloidquellende Mittel begünstigt, dagegen durch die verschiedenen Entquellung befördernden Substanzen kaum herbeigeführt. Den letztgenannten gehören beispielsweise neben Erdalkalisalzen und Alkalisulfaten, weiter HCl, HNO_3, Platinchlorid, Kalilauge, Au-, Ag-, Cu-, Hg-, Ni-Salze, Essig-, Trichloressig-, Oxalsäure, Rohrzucker, Azeton usw. an. Im allgemeinen kommt diese aggregative Wirkung bei der übermaximalen Konzentration zur Geltung. Demgemäss macht sie sich nur ausnahmsweise als Metaformen bemerkbar. Diese Verteilungsanomalie der Chromosomen ist schon früher gelegentlich experimenteller Untersuchung der Karyokinese verschiedenen Autoren aufgefallen, so z.B. SCHRAMMEN ('02), VAN WISSELINGH ('03), WOYCICKI ('06), MORGAN ('10), KONOPACKI ('12 S. 147, 149, 159), LUNDEGÅRDH ('14a S.174), SAKAMURA ('20), VLES und DRAGOIU ('21), DRAGOIU ('22), ROSE, DRAGOIU u. VLES ('23), TAKAMINE ('24) usw. Was das Entstehungsmoment derselben betrifft, so wurde es bislang nur äusserst selten in Betracht gezogen.

(2) Dispersive Verteilungsmodifikationen der Chromosomen. Die zerstreuten oder verspreizten Chromosomen kann man ausschliesslich als Metaformen beobachten. Insbesondere lassen sich die ersteren bei den submaximalen Konzentrationen von folgenden Substanzen finden: Schwefel-, Phosphor- und Phosphormolybdänsäure, die meisten Schwermetallsalze, NaCl, NH_4SCN, $KMnO_4$, Ferrizyankalium, Na-Thiosulfat, Na-Karbonat, Borax, manche organische Säuren (besonders Fumarsäure) und ihre Salze, Butylalkohol, Amylenhydrat, Chloralhydrat, Terpentinöl, Phenol, Pyridin, Morphin, Chinin (vgl. Fig. 41, 82, 158). Weniger häufig erscheint die Verspreizung der Metaphasen- und Anaphasenchromosomenhaufen, nämlich bei der Wirkung von $ZnSO_4$, Ni-Salzen, Na-Karbonat, Ameisensäure, Oxalat, Äthylalkohol, Amylenhydrat, Chloralhydrat, Terpentinöl, Pyridin, Morphin, Antipyrin (siehe Fig. 130, 180 usw). Auf die zerstreuten Chromosomen wurde bisher auch häufig aufmerksam gemacht, z.B. von SCHRAMMEN ('02),

Sabline ('03), Němec ('04, '10), Woycicki ('06), Schiller ('09), Georgevitch ('10), Konopacki ('12, '18), Lundegårdh ('14a), Sakamura ('20), Borgenstam ('22), während die verspreizten nur vereinzelt angegeben sind (z.B. Lundegårdh ('14a S. 170), Sakamura ('20 S. 43); „Sonnenform"). Die Dispersive Verteilungsmodifikation der Chromosomen scheint insgemein mit den ausgesprochenen Membranstrukturen aller Art Hand in Hand zu gehen, weshalb sie als Entquellungsform aufzufassen ist.

Anderweitig gestörte Chromosomenanordnung verbreitet sich als Metaform überall, zumal bei den minimalen Konzentrationen der wirksamen Substanzen.

24. Anaphasenbrücke und Telophasenbrücke.

Die brückenartige Verbindung der Chromosomen oder der Tochterkerne untereinander stellt eine der so gut wie immer wiederkehrenden Teilungsanomalien dar (vgl. Sabline ('03), Schrammen ('02), Nabokich ('04), Němec ('04, '10), Wasielewski ('04), Strasburger('07b), Schiller ('09), Lundegårdh ('12c), Georgevitch ('10), Stockberger ('10), Sakamura ('20), Koernicke ('22), Konopacki ('18), Borgenstam ('22), Politzer ('24) usw.).

Anaphasenbrücken, welche streng genommen als eine aggregative Verteilungsmodifikation angesehen werden müssten, können gewöhnlich als Fixierungsformen, Nekroformen oder Metaformen am häufigsten in dem Stadium von „tassement polaire", zuweilen auch in der früheren Anaphase vorkommen (Fig. 16, 31, 56, 74, 76, 132, 153 usw.). Manchmal bemerkt man dabei mehr als zwei Verbindungsstücke, was bei Phosphormolybdänsäure, Pb-Salzen, polybasischen organischen Säuren usw. häufig der Fall ist.

Telophasenbrücken, welche zweifelsohne einem vorgerückten Stadium der Anaphasenbrücke (Nachwirkung ?) entsprechen, kommen nur als Metaformen (ausnahmsweise als Fixierungsformen) vor. Das Verbindungsstück (Karyodesmose) zeigt sich auch hier verschieden dick und mitunter verdoppelt (als ein Ringkern) (Fig. 17, 58, 59, 119, 183 usw.). In extremen Fällen geht sie zur Kernfusion über (Fig. 106, 179 usw.).

Es verdient besonders bemerkt zu werden, dass bei einer chemischen Verbindung oder einem Konzentrationsbereiche derselben in Fülle Anaphasenbrücken und sonst vielfach Telophasenbrücken auftreten (vgl. experimentellen Teil: HNO_3, NH_3, Mg- und Al-Salze, Borax, Alkohole, Azeton, Atropin usw.). Im Grossen und Ganzen machen sich

Anaphasenbrücken bei weitem häufiger bemerkbar als Telophasenbrücken, was anscheinend auf die kürzere Wirkungsdauer bei unseren Versuchsreihen zurückzuführen ist.

Die betreffende Brückenbildung ist bei der Wirkung von Chromsäure, Platinchlorid, Osmiumsäure, Kalilauge, $AgNO_3$, $HgCl_2$, $SrCl_2$, Äther und Chininsalzen kaum anzutreffen. Diesbezüglich zeigen auch verschiedene Versuchspflanzen ihre Spezifizität. Anaphasenbrücke tritt übrigens bei der Wirkung von zentrifugaler Kraft, abnorm niederer oder höherer Temperatur, destilliertem Wasser usw. auf. Es liegt nach alledem sehr nahe, dass man hier mit einer allgemeinen Absterbeerscheinung, also mit einer typischen Nekroform zu tun hat, welche u.a. durch die Viskositätserhöhung wegen Plasmakoagulation usw. bedingt wird. Die letztere braucht aber ohne Zweifel keine unmittelbare Folge der bewirkenden Agenzien zu sein.

25. Abgeplattete Mitosenfigur.

Dies geschieht am häufigsten in Anaphase bei einigen Chemikalien (z. B. Salizylsäure, $F^{\cdot\cdot}$-Salzen, Fumarsäure, s. Fig. 67 usw.) und tritt nur als Metaform auf (vgl. Mainx '24 S. 569 usw.). Sie scheint von dem zerstreuten Chromosomenhaufen herzurühren und möglicherweise weiter zu den unregelmässig gestalteten Tochterkernen zu führen (vgl. unten).

26. Nicht auseinandergewichene Tochteranlagen.

Diese Teilungsanomalie steht der Anaphasenbrücke sehr nahe und wird als Nekroformen (in Anaphase) und Metaformen (in Telophase) gefunden (vgl. Schulze ('10 S. 76 ff.)). Mitunter scheint sie von der Brückenbildung begleitet und verbreitet sich wie die letztere ebenso weit in Anaphasenfiguren, z.B. bei Arsenigsäure, Wasserstoffsuperoxyd, Ammoniak, zahlreichen Schwermetallsalzen und Alkalisalzen, Butter-, Bernstein-, Pikrinsäure, Salzen organischer Säure, Methylalkohol, Glyzerin, Rohrzucker, Chloralhydrat, Pyridin, Morphin usw. (Fig. 106, 114, 146).

Wie die Anaphasen- und Telophasenbrücken kann auch die in Frage stehende Mitosenabnormität natürlich nur als Metaformen von der Zytokinese begleitet sein (vgl. unten). Die Ursache dafür dürften wir eher in den angegriffenen Chromosomen selbst suchen, als in der Plasmaschädigung.

27. Abnorm entfernte Tochteranlagen in Anaphase.

Wie ich schon früher häufig hervorgehoben habe (vgl. YAMAHA '20b, '26a) bleibt der maximale Abstand zwischen beiden Tochteranlagen am Ende der Anaphase („tassement polaire") im normalen Zustand der Zellen aus demselben Gewebe einer Pflanze, ganz unabhängig von der Zellengrösse, immer derselbe. Bei behandelten Materialien kann er nicht selten in verschiedenem Masse vermindert (siehe oben) oder vergrössert sein. Abnorm weit voneinander abstehende Tochteranlagen beobachtet man besonders bei minimaler Wirkung der Chemikalien, also ausschliesslich als Metaform, so z. B. bei Pb-Azetat, Ni-Salzen, vielen Alkalisalzen, Zitronen- und Salizylsäure, Glyzerin, Rohrzucker, Anilin und Morphin. Dabei sehen die Verbindungsfäden oft wellig gebogen oder filzig aus und die Zytokinese (Zellplattenbildung) kann weiter gänzlich ausbleiben (Fig. 72, 101, 120, 182).

28. Karyomerenbildung.[1]

Die dispersive Störung der Chromosomenanordnung kann, als Metaformen, durch die anomale Gruppierung einzelner Chromosomenhaufen die Karyomerenbildung zur Folge haben, welche des öfteren auch amöboide Kerne und Mehrkernigkeit vortäuscht (Fig. 174, 175, 176, 177 usw.); vgl. SCHRAMMEN ('02 S. 64), VAN WISSELINGH ('03), WOYCICKI ('06), NĚMEC ('99 S. 245, '10 S. 174 ff.), KONOPACKI ('12, '18), KÜSTER ('16 S. 304), SAKAMURA ('20), KOERNICKE ('22 S. 176), MAINX ('23) usw. Wir haben auch nicht wenige Gelegenheiten gehabt, diese Mitosenanomalie ausfindig zu machen bei der Wirkung von Phosphormolybdänsäure, Pb- und Na-Azetat, Pyridin und weiter vereinzelt Pb-Nitrat, Ni-Salzen, Na-Sulfit, Na-Karbonat, Methylalkohol und Äther. Auffallend ist noch, dass die Scheidewandbildung auch hier, obgleich unvollständig, vorkommen kann.

29. Einpolige Mitosen.

Diese Metaform kennzeichnet sich durch die Metaphasenfigur mit anastomosierten Chromosomen und demgemäss lässt sie sich als die Rückbildung der Karyokinese (eingruppige Rekonstruktion SAKAMURAS) erklären. Sie wird durch verschiedenartige chemische Agenzien ausgelöst, unter welchen sich recht wirksam erweisen HCl, H_2SO_4, Borsäure, Arsenigsäure, einige Schwermetallsalze (Cu, Pb, Sn, Fe, Ni),

---

1) Mehrgruppige Rekonstruktion im Sinne SAKAMURAS (s. SAKAMURA '20).

$NaCl$, NH_4SCN, Ferrozyankalium, Borax, Butter-, Fumar- und Pikrinsäure, Na-Azetat, Chloralhydrat, Terpentinöl, Pyridin und Morphin. Vgl. Fig. 14, 78, 127, 129 und weiter VAN WISSELINGH ('03), LUNDEGÅRDH ('14a S. 174), SAKAMURA ('20), POLITZER ('24 S. 651), MAINX ('23, '24). Bei flüchtigem Blick kann allerdings diese Metaform durch die als Nekroform vorkommende Anastomosierung der Metaphasenchromosomen (siehe oben) vorgetäuscht werden, beide lassen sich aber bei genauem Zusehen ohne Schwierigkeit voneinander unterscheiden.

30. „Tassement équatorial".

Gegen Ende der Prophase, wenn die Kernmembran völlig durch die Spindelanlage ersetzt worden ist, tritt das gerade der Kernplattenbildung vorhergehende Stadium ein, wo der Chromosomenhaufen gleichsam zu einem dichten Knäuel zusammengeballt erscheint. Analog mit „tassement polaire" GRÉGOIRES habe ich diesem Stadium früher die Bezeichnung „tassement équatorial" beigelegt (YAMAHA '25a, '26a). Das entsprechende Bild lässt sich auch im lebenden Objekt bemerken, wobei aber nicht im geringsten von einer Verschmelzung der Chromosomen die Rede sein kann (YAMAHA '26a). Bei den behandelten Materialien erscheint dieses Stadium dagegen noch hervorstechender, wie z.B. bei Mineralsäuren, Ammoniak, Schwermetallsalzen aus Pb- und Fe- Gruppe, verschiedenen Alkalisalzen, einigen organischen Säuren und ihren Salzen, indifferenten Narkotika, basischen organischen Verbindungen usw. Häufig wird dieses „tassement" mit einem hellen Hof umgeben, so z.B. bei Ammoniak, $Fe SO_4$, $CoCl_2$, aromatischen Säuren, Amylalkohol, Chloralhydrat, Äther usw. (s. Fig. 6, 11, 98). Diese Hofbildung begrenzt sich manchmal nach aussen hin scharf mit einer Membran. Hier haben wir eine Abart der aggregativen Verteilungsmodifikation der Chromosomen vor uns (vgl. oben).

31. Tripolige Mitosenfigur.

Diese wohl schon bekannte Teilungsanomalie stellt eine Metaform dar, welche sich durch einige chemische Agenzien bedingen lässt, z. B. durch Ni-Salze, $K Mn O_4$, $Na H CO_3$, Zitronensäure, Pyridin, Methylalkohol, Amylenhydrat, Morphin (Fig. 152, 161, 185), vgl. MORGAN ('99), NĚMEC ('99), SABLINE ('03), KOSTANECKI ('04), SCHILLER ('09), KEMP ('10), KONOPACKI ('12), LUNDEGÅRDH ('14a S. 170), SAKAMURA ('20), ROSE, DRAGOIU u. VLES ('23), KOMURO ('24), TAKAMINE ('24) usw.

32. Unregelmässig gestaltete Tochterkernanlage (Tochteranlage).

Diese unbedeutende Mitosenstörung wird als Metaformen (nach früheren Autoren durch Nachwirkung) ziemlich weit verbreitet gefunden. Ausser HNO_3, H_2SO_4, CrO_3, OsO_4, Kalilauge, Ag-, Cu-, Hg-, Erd- und Erdalkalisalzen, den meisten neutralen Alkalisalzen und einigen organischen Säuren, vermögen alle geprüften Chemikalien diese Teilungsanomalie leicht hervorzubringen. Sie wird möglicherweise von der geringfügigen Störung der Chromosomenanordnung abgeleitet und dann und wann mit der Brückenbildung (Telophasen- und Anaphasenbrücke) verbunden. (Vgl. Fig. 16, 17, 18, 34, 57).

33. Doppelkontourierte Zellplatte.

Gelegentlich der Beobachtung über die Zytokinese an fixierten Objekten äusserte ich die Meinung, dass die bei der Zytokinese höherer Pflanzen an der Teilungsebene angelegte Hautschicht schon von ihrem ersten Anfang an, der Zellmembranausscheidung vorgreifend, von doppelter Natur sein soll und weiter, dass der letztgenannte Vorgang selbst das wirkliche Auseinandergehen der doppelt gebauten Hautschicht veranlässt (YAMAHA '20 a, b). Abgesehen von den Plasmolyseversuchen, wobei die neu angelegte, im Leben gerade wie einfach gebaut aussehende Hautschicht durch Plasmolytikum zu zwei Schichten abgespaltet wird, ohne aber dazwischen eine Membrananlage nachweisbar zu machen, kann man sich weiter nicht wenige Male durch die als Fixierungsform häufig von der Schrumpfung des Zytoplasmas begleitete, doppelkontourierte Zellplatte von der fraglichen Doppelnatur der Hautschichtanlage überzeugen (Fig. 26, 43, 47, 49, 50, 53, 89, 138). Ein solches Bild tritt immer wieder bei der Wirkung von Phosphorsäure, Ammoniak, Hg-, Ag-, Cd-Salzen, Na-Bikarbonat, Ameisen- und Zitronensäure, Chloralhydrat, Formol usw. auf. Es handelt sich hier auch um eine Membranstruktur als eine Art Entquellungsformen, welche natürlich nichts anderes als eine Fixierungsartefakte darstellt, aber dennoch für die richtige Auffassung der Membranbildungsvorgänge nicht wenig besagen soll (vgl. YAMAHA '26b).

34. Zentripetal und seitlich angelegte Zellplatte.

Diese in normalen Zellen verhältnismässig selten anzutreffende Strukturmodifikation (siehe YAMAHA '20b) tritt unter abnormen Aussenbedingungen recht häufig in die Erscheinung, nämlich stets als

Metaformen u. a. bei der Wirkung von Borsäure, Phosphormolybdänsäure, JAVELLEscher Lauge, Cu-, Pb-, Fe- und Mn- Salzen, Erdalkalisalzen[1], K-Nitrat, K-Chlorat, K-Permanganat, Na-Sulfit, Borax, Butter-, Fumar-, Gallus- und Pikrinsäure, Rohrzucker, Morphin und Atropin. Vgl. Fig. 26, 30, 46, 92, 139. Diese anomale Zellplattenbildung braucht nicht immer mit irgend einer Mitosenabnormität zusammenzukommen, obschon sie nicht selten durch die Anaphasen- und Telophasenbrücken bedingt zu werden scheint. Die zentripetale Zellplattenbildung hat hier und da, insbesondere bei den minimalen Konzentrationen wirksamer Agenzien, wenn es auch nur zufällig sein mag, einen sehr verkürzten, gewöhnlich mit einer homogenen Substanz versehenen und lokal beschränkten Verbindungsfadenkomplex im Gefolge (siehe unten).

35. Abnormer Verlauf der achromatischen Fäden.

Als Metaform erscheint der Spindelfaden (besonders Verbindungsfaden) mit ausserordentlich gekrümmtem oder ganz geradlinigem Verlaufe überaus ausgeprägt (mitunter sogar chromatisch!). Dies ist besonders der Fall bei Borsäure, JAVELLEscher Lauge, Cu-, Pb-, Zn-, Fe-, Ni- und Co-Salzen, K-Chlorat, K-Permanganat, Ferrizyankalium, Karbonat und Bikarbonat, Ameisen-, Fumar-, Zitronen- und Salizylsäure, allen geprüften Salzen von organischen Säuren, Chloralhydrat, Morphin usw. Diese Strukturmodifikation kann nicht selten zur Verlegung der Zellplatte in Parallele stehen. (Fig. 72, 73, 75, 101, 123, 136). Siehe weiter KONOPACKI ('12 S. 145), MORGAN ('10), GEORGEVITCH ('10 S. 192) usw.

36. Verlegung und Umdrehung der Teilungsachse.

Diese Strukturanomalie kann sich sowohl auf die Karyokinese als auch auf die Zytokinese beziehen. Drehung der Metaphasen- oder Anaphasenchromosomenhaufen beobachtet man bei der Wirkung von Co-Sulfat, Gallussäure, Salizylsäure, Äther, Chloroform, Harnstoff und Pyridin. Ganz unabhängig hiervon macht sich die Verlegung der Zellplattenbildung (bei $KClO_3$, Ferrozyankalium, Borax, Pyridin, Butylalkohol usw.) oder der Verbindungsfäden (bei Phosphormolybdänsäure, K-Permanganat, Karbonat und Bikarbonat, Borax, Zitronensäure, Gallussäure, Salizylat, Azetat usw.) bemerkbar (siehe Fig. 73, 106b, 121, 122, 142, 143, 173, 174). Gebogene Zellplattenanlage findet sich

1) Nach Häufigkeit dieser Zytokinesenanomalie gilt die Reihe: Ca < Ba < Sr (siehe experimentellen Teil).

häufig da ein, wo die Karyomerenbildung, mehrpolige Mitosenfiguren usw. hervorgebracht werden (siehe z. B. Fig. 174, 176, 177, 185). Diese Metaform fiel bisher schon häufig bei den experimentellen Studien der Karyokinesen auf, z. B. SCHRAMMEN ('02 S. 66), STRASBURGER ('07b S. 500), BORGENSTAM ('22), MAINX ('24 S. 567, 569, 574). Die verlegte Zellplattenbildung führt mitunter zur Entstehung einer kernlosen und einer mehrkernigen Zelle, genau wie sie NATHANSOHN ('00), VAN WISSELINGH ('03, '09) und GERASSIMOFF[1] seinerzeit bei *Spirogyra* gefunden haben.

37. Lokal beschränkte (verkürzte usw.) Verbindungsfäden.

Bei der minimalen Wirksamkeit verschiedener Chemikalien[2] erscheinen die Verbindungsfäden des öfteren sehr verkürzt und zu einem mit einer homogen färbbaren Substanz eingebetteten Fadenkomplex verdichtet, was gerade an die sogenannte Wuchszone der Phragmoplasten (siehe YAMAHA '20a, b) erinnert (vgl. Fig. 91, 92). Diese Metaform entsteht zuweilen zusammen mit anderen Anomalien der Zellplattenbildung. Am häufigsten machte ich diese Strukturmodifikation ausfindig bei $FeSO_4$, $SrCl_2$, Butter-, Fumar-, Zitronen- und Gallussäure, Na-Formiat, Chloralhydrat und Morphin. Vgl. WASIELEWSKI ('03 S. 404–7), NĚMEC ('04 S. 652), SCHULZE ('10 S. 78) usw.

38. Strukturmodifikationen der Spindelsubstanz.

Die sogenannten achromatischen Fäden (Kinoplasma, Spindelfäden, Verbindungsfäden) stellen meines Wissens nichts anderes als eine der Fixierungsformen (eigentlich eine Art Metaformen ?) dar, welche die Spindelraum (Phragmoplast) erfüllende Substanz durch irreversible Fällungserscheinung aufweist. Dieser Spindelsubstanz kommen weiterhin, ganz ähnlich wie dem eigentlichen Zytoplasma und Karyotin, verschiedenartige Strukturformen zu :

(a) Fixierungsformen :
  (1) Homogen oder homogen-gerinnselig—Fig. 27, 28, 50, 89, 163, 164 ; bei OsO_4, Cu-, Ag-, Hg-Salzen, Formol, Chloralhydrat, Bichromat usw.
  (2) Gerinnselig—Fig. 8, 9, 12, 13, 139 ; bei HNO_3, Phosphormolybdänsäure, Essigsäure, Pikrinsäure, Salizylsäure, Salzen

1) Siehe TISCHLER ('21–'22 S. 777).

2) Anscheinend hypotonisch !

organischer Säure, Butylalkohol, Isoamylalkohol, Chloroform, Anilin, Kokain usw.

(3) Gerinnselig-fädig—Fig. 19, 21, 24, 46, 69—die Übergangsform zwischen (2) und (4), d. h. zur Metaform; bei mässig starken Säuren (pH=1.0–2.4 vgl. oben).

(4) Fädig, ohne homogenes Gerinnsel—Fig. 72, 73, 75 usw.; eigentlich eine Metoform (?), bei starken Säuren (pH<1.0), lipoidlöslichen Stoffen usw.

(b) Nekroformen: allgemein vorkommende Quellungsform, homogen.

(c) Metaformen:

(1) Ganz degeneriert, d. h. wie das eigentliche Zytoplasma strukturiert, homogen, gerinnselig, filzig usw. Fig. 53, 77, 125, 126 184, usw. (siehe unten).

(2) Fädig: Fällungs- und Lösungsform bei HCl, H_2SO_4, CrO_3 H_3PO_4, KOH, $SnCl_2$, Fe-Salzen, Al- und Erdalkalisalzen, Trichloressigsäure, Buttersäure usw.

Auch hier verbinden eine Reihe von Übergangsstrukturformen jede der obengenannten miteinander. Beachtenswert ist zunächst, dass die fädige Struktur der Spindelsubstanz augenscheinlich zum normalen Verlauf der Karyokinese und Zytokinese in keiner engen Beziehung steht, also von dem genetischen Zusammenhang zwischen beiden keine Rede sein kann, weil

zu 1. bei deutlich fädiger Struktur der Spindelsubstanz auch zahlreiche Mitosenanomalien bemerkbar sind (siehe unten). Dabei kann auch Zytokinese gewöhnlich völlig normal vorgeführt werden;

zu 2. die normale Karyokinese nicht immer von fädig strukturierter Spindelfigur begleitet ist, wie es beispielsweise bei OsO_4, $HgCl_2$, $AgNO_3$, Formol, mitunter auch Essig-, Trichloressig- und Oxalsäure usw. der Fall ist;

zu 3. Zytokinese nicht selten unabhängig von der fädigen Struktur der Spindelsubstanz vonstatten geht, nämlich die normale Scheidewandbildung beim Verschwinden der Spindelfäden geschehen kann (vgl. Fig. 8, 10, 53, 138–141), wie bei OsO_4, NH_3, $AgNO_3$, $HgCl_2$, $CdCl_2$, $MgSO_4$, NaCl, NH_4Cl, $(NH_4)_2SO_4$, KBr, KJ, $KClO_3$, $K_2Cr_2O_7$, KCN, $Na_2S_2O_3$, Borax, Butyl- und Isoamylalkohol, Formol, Chloralhydrat, Azeton, Äther, Chloroform, Kokain, Chinin usw., und weiter die Zellplattenbildung trotz normaler Spindelfäden ausbleiben mag, so z. B. bei Borsäure, H_2O_2, $ZnCl_2$, Pb-Salzen, Fe-Slzen, Ni-Salzen, $CaCl_2$, LiCl, NH_4SCN,

Na_2SO_4, KNO_3, $KMnO_4$, Ferrizyankalium, einigen alkalisch reagierenden Na-Salzen, Ameisen-, Butter- und Pikrinsäure, Harnstoff, Pyridin usw. Vgl. Fig. 75, 101, 115, 120.

Bei den Mitosenanomalien verschiedener Typen sehen die Spindelfäden (sowie auch Verbindungsfäden) mehrfach ganz normal aus, wie man bei den Versuchen mit Mineralsäuren (ausser HNO_3), KOH, JAVELLEscher Lauge, $CuSO_4$, $ZnSO_4$, $SnCl_2$, $FeSO_4$, Co-Salzen, Al-Salzen, Erdalkalisalzen, Alkalisulfaten, $KMnO_4$, Ameisen-, Oxal-, Bernstein-, Äpfel-, Wein-, Zitronen-, Salizyl- und Gallussäure, Formiat, Azetat, Oxalat, Methyl-, Äthylalkohol, Amylenhydrat, Glyzerin und Atropinsulfat sieht. Demgegenüber werden die achromatischen Fäden durch die Wirkung von Arsenigsäure, Ammoniak, einigen Schwermetallsalzen, KCl, NaCl, NH_4Cl, NH_4SCN, $(NH_4)_2SO_4$, KJ, KNO_3, KCN, $Na_2S_2O_3$, Chloralhydrat, Rohrzucker, Chloroform, Kokainchlorid usw. manchmal degeneriert. Die in Frage stehende Fadenstruktur scheint somit durch die Fällung bezw. Entquellung der Plasmakolloide befördert und durch die Quellung derselben vernichtet zu werden.

Hier muss ich besonders hervorheben, dass sich die Spindelfigur in Metaphase dem chemischen Eingriffe gegenüber im allgemeinen ganz ähnlich verhält wie die Verbindungsfäden in Anaphase und Telophase, nur dass die fädige Struktur der letzteren häufig etwas auffälliger erscheint, sofern die Zytokinese in normaler Weise erfolgen kann (vgl. YAMAHA '26a). Der Unterschied der Reaktionsweise zwischen beiden bleibt aber nur ein quantitativer. Man möchte noch weiter die Tatsache hervorheben, dass von den Verbindungsfäden oder entsprechender Substanz in solchen Fällen, wo die Zytokinese ganz unterbleibt, in Telophase nichts mehr zu sehen ist.

Alle diese Tatsachen lassen in uns den Gedanken aufkommen, dass zur Zytokinese eine Substanz nötig sei, die ihren physikochemischen Beschaffenheiten nach wahrscheinlich der Spindelsubstanz sehr nahe steht.

Es wurden bislang schon eine Menge von Beispielen dafür angegeben, dass die Spindelfäden und Verbindungsfäden unter abnormen Aussenbedingungen zugrunde gehen, z. B. von NĚMEC ('99 S. 245; '01 S. 38; '04 S. 648, 650; '10), VAN WISSELINGH ('03), SABLINE ('03 S. 488, 491), MATRUCHOT u. MOLLIARD ('02 S. 466), WASIELEWSKI ('04), WOYCICKI ('06), STRASBURGER ('07a, b), SCHILLER ('09), OES ('08), STOCKBERGER ('10), KEMP ('10), KONOPACKI ('12 S. 147, 149 ff.), LUNDEGÅRDH ('14a S. 174), GEORGEVITCH ('10), SAKAMURA ('20), BORGENSTAM ('22), MAINX ('23, '24), wobei gewöhnlich auch die Zytokinese angeblich gänzlich un-

terdrückt wird. Dagegen liegt nur eine verschwindend kleine Anzahl von Angaben vor, nach denen die fädige Struktur der Spindelfigur durch äussere Eingriffe verstärkt werden soll (vgl. KOERNICKE ('05 S. 414), OES ('08 S. 115), COWDRY ('24 S. 415), CONKLIN ('17 S. 407), MAINX ('24 S. 569) usw.). Noch weniger ist bekannt, dass die Zellplattenbildung auch beim Schwinden der Spindelfäden vor sich gehen kann. Wir sind nun im Stande, auf eine Reihe solcher Fälle aufmerksam zu machen (siehe oben).

Schon häufig fiel verschiedenen Forschern die merkwürdige Tatsache auf, dass die Spindelfäden besonders bei der schlechten Fixierung hervorstehend erscheinen, vgl. z. B. FRASER u. SNELL ('11 S. 851), LUNDEGARDH ('12c S. 391, '22 S. 295), TISCHLER ('21–'22 S. 314, 322, 340), ROBYNS ('24 S. 416, 419, 420 usw.). Nach meiner Meinung handelt es sich dabei um eine Metaform, welche durch die Exosmose der Zellsubstanz (insbesondere der Grundsubstanz der Spindelfigur) begünstigt wird (siehe oben, weiter YAMAHA '26a).

Abgesehen von dem Organwerte der sogenannten achromatischen Fäden, ist nach alledem dagegen nichts mehr einzuwenden, dass der Spindelsubstanz ein anderer kolloidaler Zustand (Quellungszustand) zukommt als dem eigentlichen Zytoplasma. Dafür sprechen u. a.:

1. Ihr hellglänzendes homogenes Aussehen im lebenden Zustand (vgl. YAMAHA '26a).
2. Die völlige Freiheit des Spindelraums von irgend einer mikroskopisch sowie ultramikroskopisch auflösbaren dispersen Phase (vgl. YAMAHA '26a, b).
3. Ihre zähflüssige Konsistenz, die sich sowohl aus Zentrifugierversuchen als Mikrodissektion erschliessen lässt (vgl. z. B. CHAMBERS ('14 usw.), TISCHLER ('21–'22 S. 325), LEPESCHKIN ('24 S. 118) usw.).

Bezüglich weiterer Ausführungen über die Artefaktnatur der Spindelfäden verweise ich auf meine andere Abhandlung (YAMAHA '26a).

39. Zweikernigkeit.[1]

Die zweikernige Zelle stammt in der Hauptsache von dem Ausbleiben der Zytokinese her, welche häufig bei der Wirkung von Arsenig-, Borsäure, H_2O_2, $ZnCl_2$, Pb-, Fe-Salzen, $CaCl_2$, Alkalichloriden, Rhodanid, Na_2SO_4, $KMnO_4$, Ferri- und Ferrozyankalium, alkalisch reagierenden Alkalisalzen, Ameisen-, Butter- und Pikrinsäure, Chloral-

1) Vgl. weiter YAMAHA ('25c).

hydrat, Rohrzucker, Harnstoff, Pyridin usw. anzutreffen ist, vgl. Fig. 33, 62, 94, 103, 104, 106, 116. Diese Metaform braucht nicht immer von den verschiedenen Mitosenanomalien und den nicht fädigen Spindelfiguren begleitet zu sein (vgl. oben). So entstandene zwei Tochterkerne in einer Zelle kommen manchmal miteinander in Berührung (Fig. 25, 103, 121 172). Es liegt nahe, dass eine wirkliche Kernfusion in solchen Fällen erfolgen kann (siehe Fig. 94, 104, 106), siehe weiter SABLINE ('03), NĚMEC ('04, '06, '10), STRASBURGER ('07b S. 844), SAKAMURA ('20), TISCHLER ('21–'22 S. 518) usw. Ich bemerkte solche mutmassliche Kernverschmelzung häufig bei Arsenigsäure, $CaCl_2$, NaCl, NH_4SCN, K NO_3, K Br, K J, K Cl O_3, Na_2 SO_4, Borax, Azetat, Pyridin usw.

40. Zusammenfassung.

Korrelation verschiedener Strukturmodifikationen untereinander.

Aus obigem ergibt sich ohne weiteres, dass eine gewisse Anzahl von Strukturmodifikationen unter ein und derselben Aussenbedingung stets zusammen vorkommen, mit anderen Worten, unter bestimmten Strukturformen eine Korrelation bestehen kann. In solchen Fällen ist man höchstwahrscheinlich berechtigt, für solche eine Gruppe der Strukturanomalien ein gemeinsames, letzten Endes physikochemisches Entstehungsmoment anzunehmen. Von diesem Gesichtspunkt aus lassen sich folgende Strukturarten unterscheiden :

(1) Quellungsformen—Strukurformen, welche durch die Quellung der Plasmakolloide bedingt werden, also durch die quellungsfördernden, permeabilitätserhöhenden Mittel bewirkt werden. Hierher gehören die Homogenisierung des Zytoplasmas, des Karyotins und der Spindelsubstanz, Verunstaltung einzelner Strukturelemente[1], aggregative Verteilungsmodifikationen der Chromosomen, Anaphasenbrücken usw. Der abnorm erhöhte Quellungszustand des Protoplasmas hat notwendigerweise eine Viskositätsveränderung desselben zur Folge, welche wahrscheinlich für die obengenannten Mitosenanomalien unmittelbar ausschlaggebend ist. Hier haben wir mit einer Reihe von Nekroformen zu tun (vgl. oben). Noch später scheint eine Vakuolisation des Zytoplasmas zu erfolgen (Quellungsvakuolen). Als Abarten der Quellungsformen sollen weiterhin Entmischungsformen (Karyosomen, extranukleare Nukleolen, persistente Nukleolen usw.) und Synaeresis-Formen (homogenes Gerinnsel in verkürzten Verbindungsfäden usw.) mit einbegriffen sein.

---

1) Zellkerne, Nukleolen, Chromosomen usw.

(2) Lösungsformen. Diesen Strukturformen liegt die teilweise Auflösung (wegen der chemischen Zerlegung oder des Exosmierens) der Grundsubstanz aller Strukturelemente zugrunde. Sie tragen zusammen mit den Fällungsformen (siehe unten) zur Verdeutlichung der mikroskopischen Bilder der Protoplasmastruktur in ausgedehntem Masse bei. Auch hier tritt die Entstellung der Strukturelemente (Zellkerne, Nukleolen, Chromosomen) vielfach hinzu. Die Auflösung der Chromosomen und Nukleolen, Hofbildung und Lückenbildung (bei gerinnseligem Zytoplasma) werden in erster Linie als ein Lösungsvorgang eingeleitet.

(3) Entquellungsformen. Die Schrumpfung aller Teile der Zelle lässt sich allerdings als Entquellungsform subsumieren. Sie kann aber in einer Strukturphase durch die Erhöhung des Quellungszustandes in einer anderen bedingt werden. So wird nicht selten die Schrumpfung der Kerne, Chromosomen, Nukleolen usw. bei der Wirkung von derjenigen Substanz herbeigeführt, welche im allgemeinen als kolloidquellend angesehen werden muss (siehe oben). Zur Aushöhlung des Karyotins, Hofbildung, Anastomosierung und Verklebung (Brückenbildung) der Chromosomen miteinander, Karyolyse, geringfügigen Verunstaltung der Kerne und Chromosomen usw. wird wesentlich durch die Entquellung Anlass gegeben. Die dispersiven Verteilungsanomalien und Quersegmentierung der Chromosomen und die sonstigen zur Metaform gehörenden Teilungsanomalien verschiedener Arten finden dem Anschein nach in der von der absteigenden Zustandsänderung der Plasmakolloide begleiteten Entquellungserscheinung ihre Hauptursache.

(4) Fällungsformen. Alle Strukturmodifikationen, mit welchen wir bis dahin beschäftigt sind, sollen in der letzten Instanz auf die Fällungsformen hinauslaufen. Wir haben nur dann eine naturgetreue Fixierung vor uns, wenn die Fällungsformen ohne andere vorhergehende oder begleitende Zustandsänderungen aller Strukturelemente unmittelbar gebildet werden, was sich jedoch tatsächlich kaum durchführen lässt. Jede Fällungsform, welche die „kolloidalen" Strukturen des Protoplasmas (siehe Yamaha '26a) beim Zellentod unter verschiedenen Aussenbedingungen aufweisen, leitet sich somit von jeder vorhergehender dreierlei Strukturformen ab. Die Fällung der Kolloidlösung bringt gemeinhin den Phasenumschlag (Veränderung der Dispersionsweise) derselben mit sich (siehe oben), welchem die verschiedenen Fixierungsbilder ihren Ursprung verdanken. So kommen die Membranstrukturen aller Arten,

d.h. Hautschicht, Kernmembran, filziger Bau des Zytoplasmas, Chromosomenhüllen, vielleicht auch fädige Struktur der Spindelsubstanz zur Ausbildung.

Am Schluss dieser Arbeit bleibt mir die angenehme Pflicht, meinem hochgeehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. K. Fujii, unter dessen Leitung die vorliegenden Untersuchungen ausgeführt wurden, für seine liebenswürdige Unterstützung meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Juli, 1926.

Botanisches Institut der kaiserlichen
Universität zu Tokyo.

Literaturverzeichnis.

Addoms, R. M. (1923) The effect of the hydrogen ion on the protoplasm of the root hairs of wheat. Amer. Journ. Bot. 10: 211-220.

Albrecht (1902 a) Über tropfige Entmischung von Zellen. Verhandl. d. Anat. Gesellschaft. 16: 207-210.

——— (1902 b) Artefacte zur Cytologie. Verhandl. d. Anat. Gesellsch. 16: 211-213.

Alexeew, A. M. (1923) Der Einfluss des osmotischen Druckes des Milieus auf den osmotischen Druck des Zellsaftes und die Permeabilität des Protoplamas. Ztschr. Russ. Bot. Ges. 6: 33-48.

Andrews, F. M. (1903) Die Wirkung der Zentrifugalkraft auf Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 38: 1-40.

——— (1905) The effect of gases on nuclear division. Ann. Bot. 19: 521-530.

——— (1915) Die Wirkung der Zentrifugalkraft auf Pflanzen. Jahrb. f. wiss. Bot. 56: 221-253.

Arber, A. (1920) Studies on the binucleate phase in the plant cell. Jour. Roy. Micr. Soc. 1920. S. 1-21.

Arndt, H. J. (1924) Erfahrungen mit histochemischer Lipoiddifferenzierung. Mikr. Naturf. 2: 109-116.

Aso, K. (1906-'08) Injurious action of acetates and formiates on plants. Bull. Coll. Agr. Tokyo. 7: 13-24.

Bach, N. (1920) Ausflockende Kräfte einiger Elektrolyte. (Trübungszahl). Journ. de chim. phys. 18: 46-64.

Bancroft, W. D. (1921) Applied colloid chemistry: general theory. New York.

Banus, M. G. (1924) Über den Einfluss des elektrischen Stromes auf die Permeabilität von Pflanzenzellen. Pflügers Arch. 202: 184-193.

Bayliss, W. M. (1918) Principles of general physiology. 2. Ed. London.

Bast, T. H. (1921) Various types of amitosis in bone cells. Amer. Journ. Anat. 29: 321-339.

Bauer, E. (1924) Über Förderung der Zellteilung mittels der Verminderung der Oberflächenspannung des umgebenden Mediums. Archiv f. mikr. Anat. u. Entw. 101: 541-552.

Becher, S. (1921) Untersuchungen über Echtfärbung der Zellkerne mit künstlichen Beizenfarbstoffen und die Theorie des histologischen Färbeprozesses mit gelösten Lacken. Berlin.

Bechhold, H. (1920) Die Kolloide in Biologie und Medizin. 3. Aufl. Dresden u. Leipzig.

Bělehrádek, J. (1924-'25) La viscosité du Protoplasma vivant et ses rapports avec l'activité et le vieillissement cellulaires. Publ. Fac. Méd. Brno. 3: 1-28. C.R. Soc. Biol. 92: 1070-1072. 1925. (Ref. Bot. Ctbl. 6: 87: '25.).

Benecke, W. (1895) Die zur Ernährung der Schimmelpilze notwendigen Metalle. Jahrb. f. wiss. Bot. 28: 487-530.

——— (1907) Über die Giftwirkung verschiedener Salze auf *Spirogyra*, und ihre Entgiftung durch Calciumsalze. Ber. d. D. bot. Ges. 25: 322-336.

Berczeller, L. (1922) Über die Löslichkeit einiger Eiweissniederschläge in Alkoholen. Biochem. Ztschr. 133: 518-534.

Berg, W. (1903) Beiträge zur Theorie der Fixation mit besonderer Berücksichtigung des Zellkerns und seiner Eiweisskörper. Arch. f. mikro. Anat. 62: 367-430.

——— (1904) Weitere Beiträge zur Theorie der histologischen Fixation (Versuche an nucleinsaurem Protamin). Arch. f. mikro. Anat. 65: 298-357.

Bersa, E. u. Weber, F. (1922) Reversible Viskositätserhöhung des Cytoplasmas unter der Einwirkung des elektrischen Stromes. Ber. d. D. bot. Ges. 40: 254-258.

Biedermann, W. (1918) Mikrochemische Beobachtungen an den Blattzellen von *Elodea*. Flora. N. F. 11 & 12: 560-605.

——— (1920) Der Lipoidgehalt des Plasmas bei *Monotropa hypopitys* und *Orobanche* (*speciosa*). Flora. N. F. 13: 133-154.

——— (1924) Über Wesen und Bedeutung der Protoplasmalipoide. Pflügers Archiv. 202: 223-258.

Blazek, J. (1902) Über den Einfluss der Benzoldämpfe auf die pflanzliche Zellteilung. Abh. böhm. Akad. d. Wiss. Kl. II. Nr. 17.

Boas, F. (1920) Beiträge zur Kenntnis der Wirkung des Saponins auf die pflanzliche Zelle. Ber. d. D. bot. Ges. 38: 350-353.

——— (1922 a) Die Wirkung der Saponinsubstanzen auf die Hefezelle. Ber. d. D. bot. Ges. 40: 32-38.

——— (1922 b) Untersuchungen über die Mitwirkung der Lipoide beim Stoffaustausche der pflanzlichen Zellen. II. Mitt. Biochem. Ztschr. 129: 144-152.

Bodine, J. H. (1923) A note on the toxicity of acids for mosquito larvæ. Biol. Bull. 45: 149-152.

Boehm, J. (1883) Über Stärkebildung aus Zucker. Bot. Ztg. 41: 33-38, 49-54.

Bogue, R. H. (1922) Hydrogen ion concentration and the properties of emulsoid colloids. Journ. Phys. Chem. 26: 801-811.

Bokorny, Th. (1890) Zur Kenntniss des Cytoplasmas. Ber. d. D. bot. Ges. 8: 101-111.

——— (1912a) Verhalten von Infusorien und andere niederen Organismen sowie Pflanzen gegen stark verdünnte wässerige Auflösungen von Basen. Arch. f. Zellf. 7: 1-26.

——— (1912b) Einwirkung von Metallsalzen auf Hefe und andere Pilze. Ctbl. f. Bak. II. Abt. 35: 118-197.

Bonnet, E. (1922) Action des sels solubles de plomb sur les plantes. Cpt. Rend. Acad. Sc. 174: 488-491.

Bonnevie, K. (1908) Chromosomenstudien. Arch. f. Zellforsch. 1: 460-514.

BORESCH, K. (1913) Die Färbung von Cyanophyceen und Chlorophyceen in ihrer Abhängigkeit von Stickstoffgehalt des Substrates. Jahrb. f. wiss. Bot. 52: 143-185.

——— (1914) Über fadenförmige Gebilde in den Zellen von Moosblättern und Chloroplastenverlagerung bei *Funaria*. Ztschr. f. Bot. 6: 97-156.

——— (1920) Über den Eintritt und die emulgierende Wirkung verschiedener Stoffe in Blattzellen von *Fontinalis antipyretica*, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide. Biochem. Ztschr. 101: 110-158.

BORGENSTAM, E. (1922) Zur Zytologie der Gattung *Syringa*, nebst Erörterungen über den Einfluss äusserer Faktoren auf die Kernteilungsvorgänge. Arkiv för Bot. 17: Separat.

BRAUNER, L. (1924) Permeabilität und Leitfähigkeitsmessung. Zeitschr. für Bot. 16: 113-132.

BRENNER, W. (1917-1918) Studien über die Empfindlichkeit und Permeabilität pflanzlicher Protoplasten für Säuren und Basen. Öfvers. af Finska Vetensk.-Soc. Förhandlingar. 60 Afd. A. No. 4. S. 1-124.

——— (1920) Über die Wirkung von Neutralsalzen auf die Säureresistenz, Permeabilität und Lebensdauer der Protoplasten. Ber. d. D. bot. Ges. 38: 277-285.

BRINK, R. A. (1924a) Influence of electrolytes on pollen tube development. Journ. Gen. Physiol. 6: 677-682.

——— (1924b) Preliminary study of rôle of salts in pollen tube growth. Bot. Gaz. 78: 361-377.

BROOKS, S. C. (1916) A study of permeability by the method of tissue tension. Amer. Journ. Bot. 3: 562-570.

BROOKS, M. M. (1922) The penetration of cations into living cells. Journ. Gen. Phys. 4: 347-349.

——— (1923a) Studies on the permeability of living and dead cells. I. New quantitative observations on the penetration of acids into living and dead cells. Public Health Reports. 38: 1449-1470.

——— (1923b) Studies on the permeability of living and dead cells. II. Observations on the penetration of alkali bicarbonates into living and dead cells. Public Health Reports. 38: 1470-1477.

——— (1923c) Studies on the permeability of living and dead cells. III. & IV. Public Health Reports. 38: 2074-2086, 2951-2966.

BURTON, E. F. (1921) The physical properties of colloidal solutions. 2nd. Ed. London.

BUSCH, M. (1921) Physikalisch-Chemische Untersuchungen zur Theorie der Giftwirkung. Ztbl. f. allg. Phatho. u. patho. Anat. 31: Ergzbd. 113-116.

CAMERON, A. T. & HOLLENBERG, M. S. (1922) The relative toxicity of the halides and certain other anions. Journ. Gen. Physiol. 4: 411-422.

CHAMBERS, R. (1914) Some physical properties of the cell nucleus. Science 50: 824-827.

CHAMBERS, R. (1917) Microdissection studies II. The cell aster: a reversible gelation phenomenon. Journ. Exp. Zool. 23: 483-504.

——— (1920) Changes in protoplasmic consistency and their relation to cell division. Journ. Gen. Phys. 2: 49-68.

——— (1921) The effect of experimentally induced changes in consistency on protoplasmic movement. Proc. of the Soc. f. exp. Biol. & Med. 19: 87-88.

——— (1922) Studies on the organisation of the starfish egg. Journ. Gen. Phys. 4: 41-44.

——— (1925) Etudes de microdissection IV. Les structures mitochondriales et nucléaires dans les cellules germinales mâles chez la sauterelle. La Cellule 35 (I): 107-124.

CHODAT, R. (1924) La caryocinèse et la réduction chromatique observées sur le vivant. C. R. Soc. phys. et hist. nat. Genève. 41: 96-99.

CHOLODONYJ, N. (1923) Zur Frage über die Beeinflussung des Protoplasmas durch mono- und bivalente Matallionen. Beihefte z. Bot. Ctbl. I. Abt. 39: 231-239.

——— (1924) Über Protoplasmaveränderungen bei Plasmolyse. Biochem. Zeitschr. 147: 22-29.

CIAMICIAN, G. e RAVENNA, C. (1920) Sull'influenza di alcune sostanze organische sullo sviluppo delle piante. Atti. d. reale accad. d. Lincei. 29: 7-13.

CLARK, J. F. (1899) On the toxic effect of deleterious agents on the germination and development of certain filamentous Fungi. Bot. Gaz. 28: 289-327, 378-404.

CLAYTON, W. (1923) The theory of emulsions und emulsification. London.

COHN, F. (1894) Formaldehyd und seine Wirkungen auf Bakterien. Bot. Ctbl. 57: 3-6.

COLIN, H. et RUFZ DE LAVISON, J. DE (1910) Absorption comparée des sels de baryum, de strontium et de calcium par la plante vivante. Rev. Gén. de Bot. 22: 337-344.

COLLANDER, R. (1918-'19) Untersuchungen über den Thermotropismus der Pflanzen. Öfversigt af Finska Vetensk.-Soc. Förhandl. A. Matem. og Naturw. 61: 1-95.

——— (1924) Über die Durchlässigkeit der Kupferferrozyanidmembran für Säuren, nebst Bemerkungen zur Ultrafilterfunktion des Protoplasmas. Kolloidchem. Beihefte. 20: 273-287.

COLLETT, M. E. (1921) The toxicity of acids to Infusoria. II. The rôle of molecules and of ions. Journ. Exp. Zool. 34: 67-74.

COLLIP, J. B. (1920) Maintenance of osmotic pressure within the nucleus. Journ. of Biol. Chem. 42: 227-236.

CONKLIN, E. G. (1910) The effects of centrifugal force upon the organisation and development of the eggs of fresh water Pulmonates. Journ. Exp. Zool. 9: 417-454.

——— (1912) Experimental studies on nuclear and cell division in the egg of *Crepidula*. Journ. of the Acad. of natur. Sc. of Philadelphia. 40: 401-591. (2. Ser.).

——— (1917) Mitosis and amitosis. Biol. Bull. 33: 396-416.

COWDRY, E. V. (1924) General cytology. Chicago.

CROZIER, W. J. (1922 a) Cell penetration by acids. V. Notes on the estimation of permeability changes. Journ. Gen. Physiol. 4: 723-731.

——— (1922 b) Cell penetration by acids. VI. The chloroacetic acids. Journn. Gen. Physiol. 5: 65-79.

CZANÍK, E. (1925) Einfluss der Narkotika auf die Oberflächenspannung. Biochem. Zeitschr. 165: 443-460.

CZAPEK, F. (1910 a) Versuche über Exosmose aus Pflanzenzellen. Ber. d. D. bot. Ges. 28: (159)-(169).

——— (1910 b) Über die Oberflächenspannung und den Lipoidgehalt der Plasmahaut in lebenden Pflanzenzellen. Ber. d. D. bot. Ges. 28: 480-487.

——— (1911) Über eine Methode zur direkten Bestimmung der Oberflächenspannung der Plasmahaut von Pflanzenzellen. Jena.

——— (1913) Biochemie der Pflanzen. Bd. 1. Jena.

——— (1915) Ausblicke auf biologische Adsorptionserscheinungen. Jahrb. f. wiss. Bot. 56: 84-111.

CZURDA, V. (1922) Zur Frage der Nukleoluslöslichkeit bei *Spirogyra*. Arch. f. Protistenk. 44: 346-374.

DAVENPORT, C. B. (1908) Experimental morphology. New York.

DELF, E. M. (1916) Studies of protoplasmic permeability by measurement of rate of shrinkage of turgid tissues. I. The influence of temperature on the permeability of protoplasm to water. Ann. Bot. 30: 283-310.

DEGEN, A. (1905) Untersuchungen über die kontraktile Vakuole und die Wabenstruktur des Protoplasmas. Bot. Ztg. I Abt. 63: 163-226.

DEMOOR, J. (1895) Contribution à l'étude de la physiologie de la cellule. Archive de Biol. 13: 163-240.

DENSMOORE, H. D. (1908) The origin, structure and function of the polar caps in *Smilacina amplexicaulis*, NUTT. Univ. of Cal. Pub. in Bot. 3: 303-330.

DERSCHAU, M. v. (1908) Beiträge zur pflanzlichen Mitose, Centren, Blepharoplasten. Jahrb. f. wiss. Bot. 46: 103-118.

——— (1911) Über Kernbrücken und Kernsubstanz in pflanzlichen Zellen. Arch. f. Zellf. 7: 424-446.

——— (1914) Zum Chromatindualismus der Pflanzenzelle. Archiv f. Zellf. 12: 220-240.

——— (1920) Pflanzliche Plasmastrukturen und ihre Beziehungen zum Zellkern. Flora. 113: 199-212.

DIXON, H. H. (1924) Variations in the permeability of leaf cells. Sc. Proc. Roy. Dublin Soc. 17 (N. S.): 349-356.

DIXON, H. H. & ATKINS, W. R. G. (1913) Osmotic pressures in plants. I. Methods of extracting sap from plant organs. Sc. Proc. Roy. Dubl. Soc. 13 (N. S.): 422-433.

DORNER, A. (1922) Über die Aufnahme von Anilinfarbstoffen in das Protoplama und die Zellwand. (Sammelreferat). Ctbl. f. Bakt. &c. II. Abt. 56: 27-31.

DRAGOIU, J. (1922) Influence de la pression osmotique sur la division cellulaire. Cpt. Rd. Acad. Sci. 174: 199-202.

DRAGOIU, J., VLES, F. et ROSE, M. (1923) Conséquences cytologiques de l'abaissement du pH extérieur sur l'évolution de l'oeuf d'oursin. Cpt. Rd. Acad. Sc. 176: 409-411.

ENDLER, J. (1912 a) Über den Durchtritt von Salzen durch das Protoplasma. I. Mitt. Über die Beeinflussung der Farbstoffaufnahme in die lebende Zelle durch Salze. Biochem. Zeitschr. 42: 440-469.

——— (1912 b) Über den Durchtritt von Salzen durch das Protoplasma. II. Mitt. Über eine Methode zur Bestimmung des isoelektrischen Punktes des Protoplasmas auf Grund der Beeinflussung des Durchtrittes von Farbstoffen durch OH- u. H-Ionen. Biochem. Ztschr. 45: 361-411.

ERNST, P. (1921) Adsorptionserscheinungen an Blutkörperchen und Bakterien. Beih. z. pathol. Anat. u. z. allgem. Pathol. 69: 152-162.

FAURÉ-FREMIET, E. (1921) Variation périodique de la sensibilité de l'œuf de *Sabellaria alveolata*, L. aux solvants des graisses. C.R. Soc. Biol. 85: 1051-1054.

FIETZ, A. (1923) Formalin als Fixierungsmittel in der botanischen Mikrotechnik. Ztschr. f. w. Mikr. 39: 193-203.

FISCHER, A. (1899) Fixierung, Färbung und Bau des Protoplasmas. Jena.

Fischer, H. (1923) Von Eigenschaften pflanzlicher Quellstoffe. Ber. d. D. bot. Ges. 41: (11)-(16).

FITTING, H. (1915) Untersuchungen über die Aufnahme von Salzen in die lebende Zelle. Jahrb. f. wiss. Bot. 56: 1-64.

——— (1917) Untersuchungen über isotonische Kœffizienten und ihre Nutzen für Permeabilitätsbestimmungen. Jahrb. f. wiss. Bot. 57: 553-612.

——— (1920) Untersuchungen über die Aufnahme und über anomale osmotische Kœffizienten von Glyzerin und Harnstoff. Jahrb. f. wiss. Bot. 59: 1-170.

FLEMMING, W. (1882) Zellsubstanz, Kern- und Zellteilung. Leipzig.

FLURI, M. (1909) Der Einfluss von Aluminiumsalzen auf das Protoplasma. Flora. 99: 81-126.

FRASER, H. C. I. & SNELL, J. (1911) The vegetative divisions in *Vicia Faba*. Ann. Bot. 25: 845-855.

FREUNDLICH, H. (1920) Kapillarchemie. Leipzig.

——— (1924) Kolloidchemie und Biologie. Dresden u. Leipzig.

FROMMANN, C. (1884) Untersuchungen über Struktur, Lebenserscheinungen und Reaktionen thierischer und pflanzlicher Zellen. Jena.-Ztschr. f. Naturw. 17: 1-349.

GATENBY, J. B. (1920) The cytoplasmic inclusions of the germ cells. Pt. VII. The modern technique of cytology. Quart. Journ. Micro. Sc. 64: 267-301.

GEGENBAUER, V. (1922) Studien über die Desinfektionswirkung wässriger Formaldehydlösungen. Arch. f. Hyg. 90: 239-253.

GEORGEVITCH, P. (1908) Zur Nukleolusfrage. Beih. z. Bot. Ctbl. 1. Abt. 23: 45-53.

——— (1910) Über den Einfluss von extremen Temperaturen auf die Zellen der Wurzelspitze von *Galtonia candicans*. Beih. z. Bot. Ctbl. 1. Abt. 25: 127-136.

GERICKE, W. F. (1922) "Magnesia injury" of plants grown in nutrient solutions. Bot. Gaz. 74: 110-113.

GIERSBERG, H. (1922) Untersuchungen zum Plasmabau der Amöben, im Hinblick auf die Wabentheorie. Archiv f. Entw. 51: 150-250.

GOLDSCHMIDT, R. u. POPOFF, M. (1908) Über die sogen. hyaline Plasmaschicht der Seeigeleier. Biol. Ctbl. 28: 210-223.

GRAY, J. (1920) The relation of the animal cell to electrolytes. I. A physiological study of the egg of the trout. Journ. Physiol. 53: 308-319.

——— (1922) Surface tension and cell-division. Quart. Journ. Mikr. Science. 66: 235-245.

GREELEY, A. W. (1903) Further studies on the effect of variations in the temperature on animal tissues. Biol. Bull. 5: 42-54.

GUILLIERMOND, A. (1924) Recherches sur l'évolution du chondriome &c. Ann. Sc. Nat. Bot. 10. Sér. 6: 5-52.

HABERLANDT, G. (1920) Zur Physiologie der Zellteilung. 5. Mitt. Über das Wesen des plasmolytischen Reizes bei Zellteilungen nach Plasmolyse. Sitzsber. d. Preuss. Akad. d. Wiss. Berlin. 9-11: 323-338.

——— (1921) Wundhormone als Erreger von Zellteilungen. Beitr. z. Allg. Bot. 2: 1-53.

HANDOVSKY, H. (1922 a) Leitfaden der Kolloidchemie. Dresden u. Leipzig.

——— (1922 b) Die Giftempfindlichkeit von Zellen als Funktion ihres kolloidchemischen Zustandes. Beitr. z. physik. Chemie d. Arzneiwirkung. Koll.-Ztschr. 30: 336-341.

——— (1922 c) Quantitative Beiträge zur Frage des Zusammenwirkens von Ionen und organischen Giften. II. Mitt. PFLÜGERS Arch. 195: 253-265.

——— (1923) Grundbegriffe der Kolloidchemie und ihre Anwendung in Biologie und Medizin. Berlin.

HANDWERCK, C. (1898) Beiträge zur Kenntniss vom Verhalten der Fettkörper zu Osmiumsäure und zu Sudan. Zeitschr. f. w. Mikr. 15: 177-186.

HANSTEEN-CRANNER, B. (1919) Beiträge zur Biochemie und Physiologie der Zellwand und der plasmatische Grenzschichten. Ber. d. D. bot. Ges. 37: 380-391.

——— (1922) Zur Biochemie und Physiologie der Grenzschichten lebender Pflanzenzellen. Meldinger fra Norges Landbruckshöiskole. S. 1-160.

HARTMANN, O. (1918) Experimentelle Untersuchungen über den Einfluss höherer Temperatur auf Morphologie und Cytologie der Algen. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 44: 589-642.

——— (1919) Über den Einfluss der Temperatur auf Plasma, Kern und Nucleolus u. cytologische Gleichgewichtszustände. (Zellphysiologische Experimente an Pflanzen). Arch. f. Zellf. 15: 177-248.

HATTORI, H. (1901) Studien über die Einwirkung des Kupfersulfats auf einige Pflanzen. Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo. 15: 371-394.

HEALD, F. D. (1896) On the toxic effect of dilute solutions of acids and salts upon plants. Bot. Gaz. 22: 125-153.

HEFFTER, A. (1920) Handbuch der experimentellen Pharmakologie. Bd. 2. 1. Hälfte (S. 1-598). Berlin.

——— (1923) Handbuch der experimentellen Pharmakologie. Bd. 1. Berlin.

HEIDENHAIN, M. (1907) Zelle und Plasma. Jena.

HEILBRONN, A. (1922) Eine neue Methode zur Bestimmung der Viskosität lebender Protoplasten. Jahrb. f. wiss. Bot. 61: 284-338.

HEILBRUNN, L. V. (1920 a) The physical effect of anaesthetics upon living protoplasm. Biol. Bull. 39: 307-315.

——— (1920 b) An experimental study of cell-division. I. The physical conditions which determine the appearance of the spindle in sea-urchin eggs. Journ. of Exp. Zool. 30: 211-237.

——— (1921) Protoplasmic viscosity changes during mitosis. Ebenda. 34: 417-447.

——— (1922) A contribution to the colloid chemistry of protoplasm. Anat. Record. 23: 125.

——— (1923) The colloid chemistry of protoplasm. I. General consideration. II. The electrical charges of protoplasm. Amer. Journ. Physiol. 64: 481-498.

——— (1924) The colloid chemistry of protoplasm. III. The viscosity of protoplasm at various temperatures. Amer. Journ. Physiol. 68: 645-648. IV. The heat coagulation of protoplasm. Amer. Journ. Physiol. 69: 190-199.

——— (1925) Colloidal change and mitosis. Arch. f. mikr. Anat. u. Entw. 104: 313-316.

HERKLOTS, G. A. C. (1924) The effects of an artificially controlled hydrion concentration upon wound healing in the potato. New. Phyto. 23: 240-255.

HERLANT, M. (1920) Le cycle de la vie cellulaire. Recherches physiologique sur la division de la cellule. (Note préliminaire). Ann. et Bull. de la Soc. roy. des Sc. méd. et nat. de Bruxelles. S. 112-117.

HERTWIG, O. (1912) Allgemeine Biologie. 4. Aufl. Jena.

HEVESY, G. (1923) The absorption and translocation of lead by plants. A contribution to the application of the method of radioactive indicators in the investigation of the change of substance in plants. Biochem. Journ. 17: 439-445.

HILLER, A. u. VAN SLYKE, D. D. (1922) A study of certain protein precipitants. Journ. Biol. Chem. 53: 253-267.

HIND, M. (1916) Studies in permeability. III. The absorption of acids by plant tissue. Ann. Bot. 30: 223-238.

HOADLEY, L. (1923) Certain effects of the salts of the heavy metals on the fertilization reaction in *Arbacia punctata*. Biol. Bull. 44: 255-279.

HOAGLAND, D. R. u. DAVIS, A. R. (1923) The composition of the cell sap of the plant in relation to the absorption of ions. Journ. Gen. Physiol. 5: 629-646.

HÖBER, R. (1922) Physikalische Chemie der Zelle und der Gewebe. 5. Aufl. Leipzig.

HÖBER, R. u. BANUS, M. G. (1923) Zur Theorie der sogenannten physiologischen Permeabilität der Zellen. PFLÜGERS Archiv. 201: 14-15.

HOFKER, J. (1921) Die Trichloressigsäure als Fixierungsmittel. Zeitschr. f. w. Mikr. 38: 130-137.

HÖFLER, K. (1918) Über die Permeabilität der Stengelzellen von *Tradescantia elongata* für Kalisalpeter. Ber. d. D. bot. Ges. 36: 423-442.

HÖFLER, K. u. STIEGLER, A. (1921) Ein auffälliger Permeabilitätsversuch in Harnstofflösung. Ber. d. D. bot. Ges. 39: 157-164.

IRWIN, M. (1922) Permeability of living cells to dyes as affected by hydrogen ion concentration. Journ. Gen. Physiol. 5: 223-224.

JACOBS, M. H. (1922 a) The influence of ammonium salts on cell reaction. Journ. Gen. Physiol. 5: 181-188.

——— (1922 b) Effect of carbon dioxide on protoplasmic viscosity. Amer. Journ. Physiol. 59: 451.

JANSE, J. M. (1887) Plasmolytische Versuche an Algen. Bot. Ctbl. 32: 21-26.

——— (1888) Die Permeabilität des Protoplasmas. Verslagen en Mededeelingen der Kon. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam. Reeks III. Deel IV. 332-433. (Bot. Ctbl. 34: 10-16. 1888)

JOACHIMOGLU, G. (1921) Ein Vorlesungsversuch zur Demonstration der Abhängigkeit der antiseptischen Wirksamkeit der Hg-Verbindungen vom Dissoziationsgrade der Hg-Ionen. Biochem. Ztschr. 121: 257-261.

JOHNSON, H. V. (1915) The absorption of ions by living and dead roots. Amer. Journ. Bot. 2: 250-254.

KAHLENBERG, L. u. TRUE, R. H. (1896) On the toxic action of dissolved salts and their electrolytic dissociation. Bot. Gaz. 22: 81-124.

KAHHO, H. (1921 a) Neutralsoolade möjust ultramaksimumtemperatuuri peule *Tradescantia zebrina*juures. Acta et Comm. Univ. Dorpatensis. A. II. 4:1-42.

——— (1921 b) Ein Beitrag zur Giftwirkung der Schwermetallsalze auf das Pflanzenplasmas. III. Mitt. Biochem. Zeitschr. 122: 39-42.

——— (1921 c) Ein Beitrag zur Permeabilität des Pflanzenplasmas für die Neutralsalze. IV. Mitt. Biochem. Ztschr. 123: 284-303.

——— (1924 a) Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. Univ. Dorpat. inst. bot. opera. Nr. 18. Dorpat. S. 1-167.

——— (1924 b) Über die Einwirkung von Säuren auf die Hitzegerinnung des Protoplasmas. Biochem. Zeitschr. 144: 104-114.

KANDA, M. (1904) Studien über die Reizwirkung einiger Metallsalze auf das Wachstum höherer Pflanzen. Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo. 19: 1-37.

KARDASEWITSCH, B. (1925) Äthylalkohol als fixierende Flüssigkeit in der mikroskopischen Technik. Zeitschr. f. wiss. Mikr. 42: 1-15.

KEMP, H. P. (1910) On the question of the occurrence of 'heterotypical reduction' in somatic cells. Ann. Bot. 24: 775-803.

KISSER, J. (1922) Amitose, Fragmentation und Vakuolisierung pflanzlicher Zellkerne. Stzsber. d. Akad. d. Wiss. Wien. Mathem.-Naturw. Kl. 131: 105-128.

KISSER, J. (1925) Über das Verhalten von Wurzeln in feuchter Luft. Jahrb. f. wiss. Bot. 64: 416-439.

KITE, G. L. (1913) The relative permeability of the surface and interior portion of the cytoplasm of animal and plant cells. Biol. Bull. 25: 1-8.

——— (1915) Permeability of cytoplasm of cells. Journ. Roy. Micr. Soc. Dec. S. 566. Amer. Journ. Phys. 37: 282-299.

KLEBS, G. (1886-'88) Beiträge zur Physiologie der Pflanzenzelle. Unters. aus dem bot. Inst. zu Tübingen. 2: 489-568.

KLEMM, P. (1895) Desorganisationserscheinungen der Zelle. Jahrb. f. wiss. Bot. 28: 627-700.

KNOEVENAGEL, E. (1921) Über die Natur der Quellungsvorgänge. I. Mitt. Kolloidchem. Beihefte. 13: 193-212.

KNOP, W. (1885) Über die Aufnahme verschiedener Substanzen durch die Pflanze, welche nicht zu den Nährstoffen gehören. Ber. d. math.-phys. C. d. kgl. Sächs. Ges. der Wiss. zu Leipzig. (Bot. Ctbl. 22: 35).

KOCHMANN, M. (1923) Einfluss der Narkotica der Fettreihe auf den Quellungszustand der Zellkolloide. (Ein Beitrag zur Theorie der Narkose). Biochem. Ztschr. 136: 49-65.

KOERNICKE, M. (1903) Der heutige Stand der pflanzlichen Zellforschung. Ber. d. D. bot. Ges. 21: (66)-(134).

——— (1905) Über die Wirkung von RÖNTGEN- und Radiumstrahlen auf pflanzliche Gewebe und Zellen. Ber. d. D. bot. Ges. 23: 404-415.

——— (1922) Die Wirkung der RÖNTGENstrahlen auf die Pflanzen. Handb. d. gesam. mediz. Anwend. der Elektrizität. 3: 157-180.

KÔKETSU, R. (1916) Über den Einfluss der elektrischen Reizung auf die Permeabilität der Pflanzenzellen (japanisch). Bot. Mag. Tokyo. 30: (213)-(235).

KOLTHOFF, J. M. (1926) Die Reaktion vom neutralen und destillierten Wasser. Biochem. Zeitschr. 168: 110-121.

KOMURO, H. (1924) The cells of *Vicia Faba* modified by RÖNTGEN rays, and their resemblance to malignant tumour cells with the cytological observations of tumours. Jap. Journ. Bot 2: 133-156.

KONOPACKI, M. (1912) Über den Einfluss hypertonischer Lösungen auf befruchtete Echinideneier. (*Strongylocentrotus lividus* u. *Echinus microtuberculatus*). Arch. f. Zellf. 7: 139-183.

——— (1918) Untersuchungen über die Einwirkung verdünnten Seewassers auf verschiedene Entwicklungsstadien der Echinoideen. (*Strongylocentrotus lividus*) Arch. f. Entw. 44: 337-395.

KOPACZEWSKI, W. (1922) La tension superficielle en biologie. IV. La tension superficielle et la narcose. Arch. d. Scienze biol. 3: 253-262.

KORANYI, A. v. u. RICHTER, P. F. (1908) Physikalische Chemie und Medizin. Bd. II. Leipzig.

Kornfeld, W. (1925) Experimentelle Untersuchungen über Störungen der Zellteilungstätigkeit, Zellwanderungen, Pigmentverschiebungen und Epithelwucherungen bei Urodelenlarven. Zeitschr. f. Zellforsch. u. mikr. Anat. 2. 480–494.

Kostanecki, K. (1904) Cytologische Studien an künstlich parthenogenetisch sich entwickelnden Eiern von *Mactra*. Arch. f. mikr. Anat. 64: 1–98.

Koster, W. J. (1921) The comparative resistance of different species of Euglenidae to citric acid. Ohio Journ. Sc. 21: 267–271.

Krehan, M. (1914) Beiträge zur Physiologie der Stoffaufnahme in die lebende Pflanzenzelle. II. Permeabilitätsänderungen der pflanzlichen Plasmahaut durch Kaliumcyanid. Intern. Ztschr. f. phys.-chem. Biologie. 1: 188–259.

Kugelmass, J. (1922) Etudes physico-chimique sur le mécanisme de la coagulation du sang. Le rôle des ions. Cpt. Rd. Soc. Biol. 87: 802–804.

Kühne, W. (1864) Untersuchungen über das Protoplasma und die Contractilität. Leipzig.

Kultschitzky, N. (1887) Zur Kenntniss der modernen Fixierungs- und Conservierungsmittel. Ztschr. f. w. Mikr. 4. 345–349.

Küster, E. (1910 a) Über Veränderungen der Plasmaoberfläche bei Plasmolyse. Ztschr. f. Bot. 2: 689–717.

——— (1910 b) Über Inhaltsverlagerungen in plasmolysierten Zellen. Flora. 100: 267–287.

——— (1916) Pathologische Pflanzenanatomie. 2. Aufl. Jena.

——— (1921) Über Schwellungsdeformationen bei pflanzlichen Zellkernen. Ztschr. f. w. Mikr. 38: 350–357.

Lavison, J. de Rufz de (1910) Du mode de pénétration de quelques sels dans la plante vivante. Rôle de l'endoderme. Rev. Gén. de Bot. 22: 225–241.

——— (1911) Recherches sur la pénétration des sels dans le protoplasme et sur la nature de leur action toxique. Ann. d. Sc. Nat. Bot. 9 sér. 14: 97–193.

Lee, A. B. (1921). The microtomists' Vade-mecum. 8th. Ed. Philadelphia.

Lepeschkin, W. W. (1910) Zur Kenntnis der Plasmamembran. I. Ber. d. D. bot. Ges. 28: 91–103.

——— (1911 a) Über die Struktur des Protoplasmas. Ber. d. D. bot. Ges. 29: 181–190.

——— (1911 b) Zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Plasmamembran. Ber. d. D. bot. Ges. 29: 247–261.

——— (1923 a) Über das Wesen der Koagulation der Eiweissstoffe durch Alkohol und andere organische Substanzen. Kolloid-Ztschr. 32: 100–103.

——— (1923 b) The constancy of the living substance. Studies from the Plant Physiological Laboratory of Charles Univ. Prague. 1: 5–44.

——— (1924) Kolloidchemie des Protoplasmas. Berlin.

Levi, G. (1923) Processi regressivi reversibili nelle cellule coltivate in vitro. Dei limiti di alterazioni cellulari compatibili colla vita. Rend. Acad. dei Lincei. 32: 131–135.

LEWIS, F. J. (1912) On induced variations in the osmotic pressure and sodium chloride content of the leaves of non-halophytes. New Phyto. 11: 255-264.

LEWIS, M. R. (1923) Reversible gelation in living cells. Bull. of Johns Hopkins Hosp. 34: 373-379.

LEWITSKY, G. (1910) Über die Chondriosomen in pflanzlichen Zellen. Ber. d. D. bot. Ges. 28: 538-546.

——— (1911) Vergleichende Untersuchung über die Chondriosomen in lebenden und fixierten Pflanzenzellen. Ber. d. D. bot. Ges. 29: 685-696.

LIESEGANG, R. E. (1912) Protoplasmastrukturen und deren Dynamik. Arch. f. Entw. 34: 452-460.

——— (1922) Beiträge zu einer Kolloidchemie des Lebens. (Biologische Diffusionen). 2. Aufl. Dresden u. Leipzig.

——— (1924) Chemische Reaktionen in Gallerten. 2 Aufl.' Dresden u. Leipzig.

LILLIE, F. R. (1909) Karyokinetic figures of centrifuged eggs: an experimental test of the center of force hypothesis. Biol. Bull. 17: 101-109.

LILLIE, R. S. (1914) The action of various anaesthetics in suppressing cell-division in sea-urchin eggs. Journ. Biol. Chem. 17: 121-140.

LITARDIÈRE, R. DE (1921) Recherches sur l'élément chromosomique dans la caryocinèse somatique des Filicinées. La cellule. 31: 255-473.

——— (1923 a) Sur l'insertion fusoriale des chromosomes somatiques. Bull. de la Soc. Bot. de Fr. 70: 193-197.

——— (1923 b) Les anormalies de la caryocinèse somatique chez le *Spinacia oleracea*, L. Rev. Gén. de Bot. 35: 369-381.

——— (1923 c) Remarques sur la fixation au liquide de MERKEL et sur certaines structures nucléaires soi-disant provoquées par les fixateurs à base d'acide osmique. Cpt. Rd. Acad. Sc. 176: 1495-1498.

LLOYD, F. E. (1924) Some effects of narcotics on *Spirogyra*. Anaesthesia and Analgesia. 3: 9-19.

LOEB, J. (1909) Chemische Konstitution und physiologische Wirksamkeit der Säuren. Biochem. Ztschr. 15: 254-271.

LOEW, O. (1892) Über die physiologischen Funktionen der Calcium- und Magnesiumsalze im Pflanzenorganismus. Flora. N. F. 50: 368-394.

——— (1905) Über die Giftwirkung von Fluornatrium auf Pflanzen. Flora. 94: 330-338.

——— (1906-'08) Über die Veränderung des Zellkerns durch kalkfällende Mittel. Bull. Coll. Agr. Tokyo. Imp. Univ. 7: 7-12.

——— (1923) Über die labile Eiweissmodifikation und die Silberreduktion in Pflanzenzellen. Beih. z. Bot. Ctbl. I. Abt. 39: 124-127.

LÖHNER, L. u. MARKOVITS, B. E. (1922) Zur Kenntnis der oligodynamischen Metallgiftwirkung auf die lebendige Substanz. I. Mitt. Paramäcienversuche. PFLÜGERS Arch. 195: 417-431.

LOPRIORE, G. (1895) Über die Einwirkung der Kohlensäure auf das Protoplasma der lebenden Pflanzenzelle. Jahrb. f. wiss. Bot. 28: 531-626.

LÖWSCHIN, A. M. (1913) ,, Myelinformen " und Chondriosomen. Ber. d. D. bot. Ges. 31: 203-209.

LUBOWSKI, H. (1922) Eosin als Kernfarbstoff. VIRCHOWS Archiv. 239: 382-397.

LÜERS, H. u. LANDAUER, M. (1922) Der isoelektrische Punkt des pflanzlichen Albumins ,, Leucosin." Zeitschr. f. Elektrochem. 28: 341-347.

LUNDEGÅRDH, H. (1910 a) Über Kernteilung in den Wurzelspitzen von *Allium Cepa* u. *Vicia Faba.* Svensk bot. Tidskr. 4: 174-196.

——— (1910 b) Ein Beitrag zur Kritik zweier Vererbungshypothesen. Über Protoplasmastrukturen in den Wurzelmeristemzellen von *Vicia Faba.* Jahrb. f. wiss. Bot. 48: 285-378.

——— (1912 a) Fixierung, Färbung und Nomenklatur der Kernstruktur. Ein Beitrag zur Theorie der zytologischen Methodik. Arch. f. mikr. Anat. 80: 223-273.

——— (1912 b) Die Kernteilung bei höheren Organismen nach Untersuchungen an lebendem Material. Jahrb. f. wiss. Bot. 51: 236-282.

——— (1912 c) Chromosomen, Nukleolen und die Veränderungen im Protoplasma bei der Karyokinese. COHNS Beitr. z. Biol. d. Pfl. 11: 373-542.

——— (1913) Das Caryotin im Ruhekern und sein Verhalten bei der Bildung und Auflösung der Chromosomen. Arch. f. Zellf. 9: 205-330.

——— (1914 a) Zur Mechanik der Kernteilung. Svensk Bot. Tids. 8: 161-180.

——— (1914 b) Protoplasmastruktur. Sammelreferat. Arch. f. Zellf. 12: 589-598.

——— (1922) Zelle und Zytoplasma. Berlin.

MCCLENDON, J. F. (1910) On the effect of centrifugal force on the frog's egg. Publ. Cornell Univ. Med. Coll. Studies from the Dep. of Anat. 1: 431.

MCCUTCHEON, M. & LUCKE, B. (1924) The mechanism of vital stain with basic dyes. Journ. Gen. Physiol. 6 : 501-507.

MCDOUGAL, D. T. (1921) The distentive agencies in the growth of the cell. Proc. of the Soc. of Exp. Biol. and Med. 19: 103-110.

——— (1923) Permeability and the increase of volume of contents of living and of artificial cells. Proc. Amer. Phil. Soc. 62: 1-25.

MACHT, D. J. & LIVINGSTON, M. B. (1922) Effect of cocaine on the growth of *Lupinus albus.* A contribution to the comparative pharmacology of animals and plant protoplasm. Journ. Gen. Physiol. 4: 573-584.

MAIGE, A. (1922) Influence de la nutrition organique sur le noyau des cellules végétales. C. R. Soc. Biol. 87: 1297-1300.

——— (1923) Influence de la température sur la décroissance, par inanition du noyau, chez le haricot. Cpt. Rd. Soc. Biol. 88: 97-99.

MAINX, F. (1919-'20) Einfluss der Alkaloide auf die Kernteilung. Lotos, Prag. 67/68: 43-44.

——— (1923) Über künstliche Beeinflussung des Kernteilungsvorgangs. (Vorl. Mitt.). Ber. d. D. bot. Ges. 41: 352-354.

——— (1924) Versuche über die Beeinflussung der Mitose durch Giftstoffe. Zool. Jahrb. Abt. f. allgem. Zool. u. Physiol. der Tiere. 41: 553-580.

MANN, G. (1902) Physiological histology. Methods and theory. Oxford.

MAQUENNE, L. et DEMOUSSY, E. (1921) Influence des matières minérales sur la germination. Ann. de la Soc. agronom. fr. et étrangère. 38: 113-151.

MATRUCHOT, L. et MOLLIARD, M. (1902) Modifications produites par le gel dans la structure des cellules végétales. Rev. Gén. de Bot. 14: 401-419.

MEDES, G. & McCLENDON, J. F. (1920 a) The effect of anaesthetics on living cells. Proc. of the nat. Acad. of Sc. U. S. A. 6: 243-246.

——— (1920 b) Effect of anaesthetics on various cell activities. Journ. Biol. Chem. 42: 541-568.

MEIER, H. F. A. (1921) Effect of direct current on cells of root tip of canada field pea. Bot. Gaz. 72: 113-138.

MERESCHKOWSKY, C. (1910) Theorie der zwei Plasmaarten als Grundlage der Symbiogenesis, einer neuen Lehre von der Entstehung der Organismen. Biol. Ctbl. 30: 278-303, 321-347, 353-367.

MEURER, R. (1909) Über die regulatorische Aufnahme anorganischer Stoffe durch die Wurzeln von *Beta vulgaris* und *Daucus Carota*. Jahrb. f. wiss. Bot. 46: 503-567.

MEYER, A. (1896) Die Plasmaverbindungen und die Membranen von *Volvox globator*, *aureus* und *tertius*, mit Rücksicht auf die thierischen Zellen. Bot. Ztg. I. Abt. 54: 186-217.

——— (1920) Morphologische und physiologische Analyse der Zelle der Pflanzen und Tiere. 1. Teil. Jena.

MICHAELIS, L. (1913) Die allgemeine Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Biologie. OPPENHEIMERS Handbuch der Biochemie. Jena. Ergänzbd. S. 10-62.

——— (1921) Praktikum der physikalischen Chemie, insbesondere der Kolloidchemie. Berlin.

MIEHE, H. (1901) Über die Wanderungen des pflanzlichen Zellkernes. Flora. 88: 105-142.

MIYAKE, K. (1913) Influence of the salts common in alkali soils upon the growth of rice plant. I. Influence of the single salts upon the growth of rice seedlings. Bot. Mag. Tokyo 22: 173-182.

MOELLER, W. (1919) Kristallisationserscheinungen in Formaldehyd-Gelatine. Kolloid-Ztschr. 25: 67-74.

MOLISCH, H. (1899) Über Zellkerne besonderer Art. Bot. Ztg. I. Abt. 57: 185-191.

MOLLIARD, M. (1922) Influence des sels de cuivre sur la rendement du *Sterigmatocystis nigra*. C. R. Acad. Sc. Paris. 175: 838-841.

MORGAN, T. H. (1899) The action of salt-solutions on the unfertilized and fertilized eggs of *Arbacia*, and of other animals. Arch. f. Entw. 8: 448-539.

——— (1910) Cytological studies of centrifuged eggs. Journ. Exp. Zool. 9: 593-596.

NABOKICH, O. (1904) Über anaërobe Zellteilung. (Vorl. Mitt.). Ber. d. D. bot. Ges. 22: 62-64.

NÄGELI, C. v. (1893) Über oligodynamische Erscheinungen in lebenden Zellen. Denkschr. d. Schweizerischen Naturf. Gesell. 33: 1-52.

NAKANO, H. (1916) Untersuchungen über die Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie einiger Chlorophyceen. Journ. Coll. Sc. Tokyo Imp. Univ. 40: Art. 2.

NATHANSOHN, A. (1900) Physiologische Untersuchungen über amitotische Kerntheilung. Jahrb. f. wiss. Bot. 35: 48-78.

——— (1903) Über Regulationserscheinungen im Stoffaustausch. Jahrb. f. wiss. Bot. 38: 241-290.

——— (1904 a) Über die Regulation der Aufnahme anorganischer Salze durch die Knollen von *Dahlia*. Jahrb. f. wiss. Bot. 39: 607-644.

——— (1904 b) Weitere Mitteilungen über die Regulation der Stoffaufnahme. Jahrb. f. wiss. Bot. 40: 401-442.

NĚMEC, B. (1899 a) Über die karyokinetische Kerntheilung in der Wurzelspitze von *Allium Cepa*. Jahrb. f. wiss. Bot. 33: 313-336.

——— (1899 b) Zur Physiologie der Kern- und Zelltheilung. Bot. Ctbl. 77: 241-251.

——— (1900) Neue cytologische Untersuchungen. Beitr. z. wiss. Bot. 4: 37-92.

——— (1901) Die Bedeutung der fibrillären Strukturen bei den Pflanzen. Biol. Ctbl. 21: 529-538.

——— (1902) Die Perception des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen. Ber. d. D. bot. Ges. 20: 339-354.

——— (1904) Über die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern- und Zelltheilung. Jahrb. f. wiss. Bot. 39: 645-730.

——— (1906) Über die Bedeutung der Chromosomen. (Vorl. Mitt.). Bull. intern. de l'Acad. des Sc. de Bohême. Separat.

——— (1910) Das Problem der Befruchtungsvorgänge und andere zytologische Fragen. Berlin.

——— (1915) Einiges über zentrifugierte Pflanzenzellen. Bull. intern. de l'Acad. des Sc. de Bohême. 20: 1-12.

NETTER, H. (1923) Über die Beeinflussung der Alkalisalzaufnahme lebender Pflanzenzellen durch mehrwertige Kationen. PFLÜGERS Archiv. 198: 225-251.

NEUMANN, H. (1923) Zur Kenntnis der BROWNschen Molekularbewegung im Pflanzenreich. Beih. z. bot. Ctbl. I. Abt. 40: 141-160.

NICOLAS, E. et G. (1922) Influence du formol sur les végétaux supérieures. C. R. Acad. Sc. 175: 1437-1439.

NOËL, R. et MANGENOT, G. (1922) Le formol, fixateur nucléaire. C. R. Soc. Biol. 87: 1130-1132.

NOLL, F. (1885) Eau de JAVELLE, ein Aufhellungs- und Lösungsmittel für Plasma. Bot. Ctbl. 21: 377-380.

OES, A. (1908) Über die Autolyse der Mitosen. Bot. Ztg. I. Abt. 66: 89-120.

OES, A. (1910) Neue Mitteilungen über enzymatische Chromatolyse. Ztschr. f. Bot. 2: 39-49.

ONO, N. (1900) Über die Wachstumsbeschleunigung einiger Algen und Pilze durch chemische Reize. Journ. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo. 13: 141-186.

ORMAN, E. (1912) Recherches sur les différenciations cytoplasmiques (ergastoplasme et chondriosomes) dans les végétaux. I. Le sac embryonnaire des Liliacées. La Cellule. 28: 365-437.

OSTERHOUT, W. J. V. (1908) On plasmolysis. Bot. Gaz. 46: 53-55.

——— (1911) The permeability of living cells to salts in pure and balanced solutions. Science. N. S. 34: 187-189.

——— (1912 a) The permeability of protoplasm to ions and the theory of antagonism. Science. N. S. 35: 112-115.

——— (1912 b) Reversible changes in permeability produced by electrolytes. Science. N. S. 36: 350-352.

——— (1913 a) Some quantitative researches on the permeability of plant cells. Plant World. 16: 129-144.

——— (1913 b) Protoplasmic contractions resembling plasmolysis which are caused by pure distilled water. Bot. Gaz. 55: 446-451.

——— (1913 c) The organisation of the cell with respect to permeability. Science. N. S. 38: 408-409.

——— (1914 a) The effect of alkalies upon permeability. J. Biol. Chem. 19: 335-343.

——— (1914 b) The effect of acid on permeability. Journ. Biol. Chem. 19: 493-501.

——— (1915 a) The effect of some trivalent and tetravalent kations on permeability. Bot. Gaz. 59: 464-473.

——— (1915 b) On the decrease of permeability due to certain bivalent kations. Bot. Gaz. 59: 317-330.

——— (1918) The nucleus as a center of oxidation. Brooklyn Bot. Gard. Memoirs. 1: 342-347.

——— (1922 a) Injury, recovery and death, in relation to conductivity and permeability. Philadelphia & London.

——— (1922 b) Direct and indirect determination of permeability. Journ. of Gen. Physiol. 4: 275-283.

OSTWALD, Wo. (1919 a) Grundriss der Kolloidchemie. I. Hälfte, 5. Aufl. Dresden u. Leipzig.

——— (1919 b) Die Welt der vernachlässigten Dimensionen. 3 Aufl. Dresden u. Leipzig.

OVERTON, E. (1895) Über die osmotischen Eigenschaften der lebenden Pflanzen- und Tierzelle. Viertelj. d. Naturf. Ges. Zürich. 40: 159-201.

——— (1896) Über die osmotischen Eigenschaften der Zelle in ihrer Bedeutung für die Toxikologie u. Pharmakologie. Ebenda. 41: 383-406.

——— (1899) Über die allgemeinen osmotischen Eigenschaften der Zelle, ihre vermutlichen Ursachen und ihre Bedeutung für die Physiologie. Ebenda. 44: 88-135.

OVERTON, E. (1901) Studien über die Narkose. Jena.

OVERTON, J. B. (1922) The organisation of the nuclei in the root tips of *Podophyllum peltatum*. Transact. Wisconsin Acad. Sc. Arts & letters. 20: 275-320.

PANTANELLI, E. (1915) Über Ionenaufnahme. Jahrb. f. wiss. Bot. 56: 689-733.

PARTINGTON, J. R. & HUNTINGFORD, D. B. (1921) The reduction of osmic acid by lipoides. Journ. Roy. Micr. Soc. London. S. 15-19.

PEARSALL, W. H. & EWING, J. (1924 a) The diffusion of ions from living plant tissues in relation to protein isoelectric points. New Phyto. 23: 193-206.

——— (1924 b) The isoelectric points of some plant proteins. Biochem. Journ. 18: 329-339.

——— (1925) Some protein properties of plant protoplasm. Brit. Journ. Exp. Biol. 2: 347-356.

PEARSALL, W. H. & PRIESTLEY, J. H. (1923) Meristematic tissues and protein isoelectric points. New Phyto. 22: 185-191.

PFEFFER, W. (1886-'88) Über Aufnahme von Anilinfarben in lebende Zellen. Ein Beitrag zur Mechanik des Stoffaustausches. Unters. aus dem bot. Inst. z. Tübingen. 2: 179-332.

——— (1904) Pflanzenphysiologie. 2. Bd. 2. Aufl. Leipzig.

——— (1921) Osmotische Untersuchungen. 2 Aufl. Leipzig.

PICHLER, F. u. WÖBER, A. (1922) Biologische Studien über die Adsorption aus verschiedenen Metallsalzlösungen. Biochem. Ztschr. 132: 420-438.

POLITZER, G. (1924) Versuche über den Einfluss des Neutralrots auf die Zellteilung (Mitose-Amitose-Pseudoamitose). Ztschr. f. Zellen- u. Gewebelehre. 1: 644-670.

POPOFF, M. (1922) Über die Stimulierung der Zellfunktion (Vorl. Mitt.). Biol. Ctbl. 42: 395-398.

——— (1924) Düngemittel und Zellstimulation. Zellstimulat.-Forschg. 1: 117-128.

PORODKO, TH. M. (1925) Untersuchungen über den Chemotropismus der Pflanzenwurzeln. Jahrb. f. wiss. Bot. 64: 450-508.

PORT, J. (1925) Über die Wirkung der Neutralsalze auf das Durchdringen der H- und OH-Ionen durch das Pflanzenplasma. I. Biochem. Zeitschr. 156; 105-115.

PRAT, S. (1922) Plasmolyse und Permeabilität. Biochem. Ztschr. 128: 557-567.

——— (1923) Plasmolyse und Permeabilität. III. Ber. d. D. bot. Ges. 41: 225-227.

PRENANT, M. (1922) Sur les ferments oxydants nucléaries et cytoplasmiques et sur leur importance physiologique. C.R. Soc. Biol. 87: 972-974.

PRICE, R. (1914) Some studies on the structure of the plant cell by the method of dark ground illumination. Ann. Bot. 28: 601-632.

PRIESTLEY, J. H. & TUPPER-CAREY, R. M. (1922) Physiological studies in plant anatomy. IV. The water relations of the plant growing point. New Poyto. 21: 210-229.

PRINGSHEIM, E. G. (1924) Über Plasmolyse durch Schwermetallsalze. Beih. z. bot. Ctbl. I. Abt. 41: 1-14.

PRINGSHEIM, N. (1854) Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzellen. Berlin. (Gesammelte Abhand. Jena. 1896.)

PULST, C. (1902) Die Widerstandsfähigheit einiger Schimmelpilze gegen Metallgifte. Jahrb. f. wiss. Bot. 37: 205-263.

Raber, O. L. (1920) A quantitative study of the effect of anions on the permeability of plant cells. Journ. Gen. Physiol. 2: 535–539.

——— (1921) The effect upon permeability of (I) the same substance as cation & anion, and (II) changing the valency of the same ion. Amer. Journ. Bot. 8: 464–470.

——— (1923) Permeability of the cell to electrolytes. Bot. Gaz. 75: 298–308.

Redfern, G. M. (1922) On the absorption of ions by the roots of living plants. I. The absorption of the ions of calcium chloride by Pea and Maize. Ann. Bot. 36: 167–174.

Reed, H. S. & Haas, A. R. C. (1924) The effect of hydroxyl-ion concentration on the growth of walnut root. Amer. Journ. Bot. 11: 78–84.

Reed, T. (1914) The nature of the double spirem in *Allium Cepa*. Ann. Bot. 28: 271–281.

Richards, A. (1922) The acceleration of the rate of cell division. Biol. Bull. 43: 348–368.

Richards, H. M. (1897) Die Beeinflussung des Wachstums einiger Pilze durch chemische Reize. Jahrb. f. wiss. Bot. 30: 665–688.

Richter-Quittner, M. (1921) Die Bedeutung der Quellung und Entquellung für einige Fragen der Biochemie. Biochem. Ztschr. 121: 273–292.

Ritter, G. (1911) Über Traumatotaxis und Chemotaxis des Zellkernes. Zeitschr. f. Bot. 3: 1–42.

Rivett, M. F. (1918) The structure of the cytoplasm in the cells of *Alicularia scalaris*, Cord. Ann. Bot. 32: 207–214.

Robbins, W. J. (1923) An isoelectric point for plant tissue and its significance. Amer. Journ. Bot. 10: 412–439.

——— (1924) Isoelectric points for the mycelium of Fungi. Journ. Gen. Physiol. 6: 259–271.

Robertson, T. B. (1918) The physical chemistry of the proteins. New York.

Robyns, W. (1924) Le fuseau de caryocinèse et le fuseau de cytocinèse dans les divisions somatiques des phanérogames (I ère partie). La cellule 34: 367–454.

Rona, P. (1913) Fortschritt auf dem Gebiete der allgemeinen Eiweisschemie. Oppenheimers Handb. d. Biochemie. Jena. Ergänzungsbd. S. 63–79.

Rose, M., Dragoiu, J. et Vlès, F. (1923) Sur la réversibilité des phenomènes d'arrêt par abaissement du pH dans l'évolution des oeufs d'oursin. Cpt. Rd. Acad. Sc. 176: 531–534.

Rothert, W. (1906) Das Verhalten der Pflanzen gegenüber dem Aluminium. Bot. Ztg. I. Abt. 64: 43–52.

Roussy, G. et Wolf, M. (1922) Contribution à l'étude du milieu intracellulaire dans la cellule vivante. Action de certaines substances chimiques sur la cellule cancéreuse. Arch. néerland. de physiol. de l'homme et des anim. 7: 562–570.

Ruhland, W. (1909) Beiträge zur Kenntnis der Permeabilität der Plasmahaut. Jahrb. f. wiss. Bot. 46: 1–54.

——— (1912) Studien über die Aufnahme von Kolloiden durch die pflanzliche Plasmahaut. Jahrb. f. wiss. Bot. 51: 376–431.

RUHLAND, W. u. HOFFMANN, C. (1925) Die Permeabilität von *Beggiatoa mirabilis*. Ein Beitrag zur Ultrafiltertheorie des Plasmas. Arch. f. w. Bot. 1: 1–83.

SABININ, D. A. (1921) Über den Einfluss der Reaktion des Mediums auf die Permeabilität des Protoplasmas. Ztschr. Russ. Bot. Ges. 6: 23–31.

SABLINE, M. V. (1903) L'enfluence des agents externes sur la division des noyaux dans les racines de *Vicia Faba*. Rev. gén. d. Bot. 15: 481–497.

SAKAMURA, T. (1920) Experimentelle Studien über die Zell- und Kernteilung etc. Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. Tokyo. 39: 1-221.

——— (1922) Über die Selbstvergiftung der Spirogyren im destillierten Wasser. (japanisch). Bot. Mag. Tokyo. 36: (151)-(172), (187)-(196).

SAKAMURA, T. und LOO, T.-L. (1925) Über die Beeinflussung des Pflanzenplasmas durch die H-Ionen in verschiedenen Konzentrationen. Beiträge zur Annahme des isoelektrischen Punktes des Protoplasmas. Bot. Mag. Tokyo. 39: 61–76.

SAMUELS, J. A. (1923) A pathological anatomical study of crystal cyst formation in parenchymatous tissue in the genus *Anthurium*. Ann. Bot. 37: 159–181.

SAND, R. (1901) Action thérapeutique de l'arsenic, de la quinine, du fer et de l'alcool sur les infusoires ciliés. Bruxelles.

SANDS, H. C. (1923) The structure of the chromosomes in *Tradescantia virginica*, L. Amer. Journ. Bot. 10: 343–360.

SARTORY, A. et SARTORY, R. (1924) Action du bichromate de potassium et du bichromate de cuivre sur la croissance du *Phytophtora infestans*. C. R. Acad. Sc. Paris. 179: 69–70.

SCARTH, G. W. (1923) Adhesion of protoplasm to cell wall and the agents which cause it. Transact. Roy. Soc. Canada. Sect. V. 17: 137–143.

——— (1924 a) Colloidal changes associated with protoplasmic contraction. Quart. Journ. of Exp. Physiol. 14: 99–113.

——— (1924 b) The action of cations on the contraction and viscosity of protoplasm in *Spirogyra*. Quart. Journ. Exp. Physiol. 14: 115–122.

——— (1924 c) The toxic action of distilled water and its antagonism by cations. Trans. Roy. Soc. Canada. III. Ser. 18: 97–104.

——— (1925) The penetration of cations into living protoplasm. Amer. Journ. Bot. 12: 133–148.

SCHADE, H. (1923) Die physikalische Chemie in der inneren Medizin. 2. Aufl. Dresden u. Leipzig.

SCHAEDE, R. (1923) Über das Verhalten von Pflanzenzellen gegenüber Anilinfarbstoffen. Jahrb. f. wiss. Bot. 62: 65–91.

SCHILLER, J. (1909) Über künstliche Erzeugung „primitiver" Kernteilungsformen bei *Cyclops*. Archiv f. Entw. 27: 560–609.

SCHRAMMEN, F. R. (1902) Über die Einwirkung von Temperaturen auf die Zellen des Vegetationspunktes des Sprosses von *Vicia Faba*. Verh. des naturhist. Vereins der preuss. Rhein. 59: 49–98.

SCHULZE, J. (1910) Über die Einwirkung der Lichtstrahlen von 280 $\mu\mu$ Wellenlänge auf Pflanzenzellen. Beih. z. bot. Ctbl. I. Abt. 25: 30–80.

SCHÜRHOFF, P. N. (1906) Das Verhalten des Kerns im Wundgewebe. Beih. z. Bot. Ctbl. I. Abt. 19: 359-382.

——— (1918) Die Beziehungen des Kernkörperchens zu den Chromosomen und Spindelfasern. Flora. 110 (N. F. 10): 52-66.

——— (1920) Zur Frage des Auftretens von Amitosen bei Wasserpflanzen. Beih. z. bot. Ctbl. I. Abt. 37: 381-389.

SCHWARZ, FR. (1892) Die morphologische und chemische Zusammensetzung des Protoplasmas. COHNS Beitr. z. Biol. d. Pfl. 5: 1-244.

SCHWARZE, C. A. (1922) The method of cleavage in the sporangia of certain Fungi. Mycologia. 14: 143-172.

SEELIGER, R. (1920) Über einige physiologische Wirkungen des Osmiumtetroxyds. Ber. d. D. bot. Ges. 38: 176-184.

SEIFRIZ, W. (1921) Observations on some physical properties of protoplasm by aid of microdissection. Ann. Bot. 35: 269-296.

——— (1922) A method for inducing protoplasmic streaming. New Phyto. 51: 107-112.

——— (1923 a) Observation on the reaction of protoplasm to some reagents. Ann. Bot. 37: 489-509.

——— (1923 b) Reaction of protoplasm to salts and antagonistic action of salts and alcohol. Bot. Gaz. 76: 389-402.

——— (1923 c) Phase reversal in emulsions and protoplasm. Amer. Journ. Physiol. 66: 124-139.

——— (1924 a) The structure of protoplasm and of inorganic gels: an analogy. Brit. Journ. Exp. Biol. 1: 431-443.

——— (1624 b) An elastic value of protoplasm, with further observation on the viscosity of protoplasm. Brit. Journ. Exp. Biol. 2: 1-11.

SJÖBRING, N. (1900) Über das Formol als Fixierungsflüssigkeit. Anat. Anz. 17: 273-304.

SMILES, S. (1914) Chemische Konstitution und physikalische Eigenschaften. Dresden u. Leipzig.

SMITH, E. P. (1923) Effects of anaesthetics on plants. Nature. 112: 654.

SNYDER, C. D. (1908) Der Temperaturkoeffizient der Resorption bei tierischen Membranen (V.M.). Ztbl. f. Physiol. 22: 236-242.

SPALTEHOLZ, W. (1904) Mikroskopie und Mikrochemie. Leipzig.

SPEK, J. (1919 a) Studien über den Mechanismus der Gastrulainvagination. Biol. Ztbl. 39: 13-23.

——— (1919 b) Experimentelle Beiträge zur Physiologie der Zellteilung. Biol. Ztbl. 39: 23-34.

——— (1920 a) Experimentelle Beiträge zur Kolloidchemie der Zellteilung. Kolloidchem. Beih. 12: 1-91.

——— (1920 b) Über physikalisch-chemische Erklärungen der Veränderungen der Kernsubstanz. Arch. f. Entw. 46: 537-546.

——— (1921) Der Einfluss der Salze auf die Plasmakolloide von *Actinosphaerium Eichhorni*. Acta Zoologica. 2: 153-200.

SPEK, J. (1923) Über den physikalischen Zustand von Plasma und Zelle der *Opalina ranarum* (PURK. et VAL.). Arch. f. Protistenk. 46: 166-202.

——— (1924) Neue Beiträge zum Problem der Plasmastrukturen. Ztschr. f. Zellen- u. Gewebelehre. 1: 278-326.

STILES, W. (1921-'23) Permeability. New Phyto. Vols. 20-22.

——— (1924) The absorption of salts by storage tissues. Ann. Bot. 38: 617-633.

STILES, W. and JØRGENSEN, I. (1915 a) Studies in permeability. I. The exosmosis of electrolytes as a criterion of antagonistic ion-action. Ann. Bot. 29: 349-367.

——— (1915 b) Studies in permeability. II. The effect of temperature on the permeability of plant cells to the hydrogen ion. Ann. Bot. 29: 611-618.

——— (1917) Studies in permeability. IV. The action of various organic substances on the permeability of the plant cell, and its bearing on CZAPEK's theory of the plasma membrane. Ann. Bot. 31: 47-76.

STOCK, H. E. (1920) Biology, morphology and cytoplasmatic structure of *Aleurodiscus*. Amer. Journ. Bot. 7: 445-457.

STOCKBERGER, W. (1910) The effect of some toxic solution on mitosis. Bot. Gaz. 49: 401-429.

STOELTZNER, H. (1906) Der Einfluss der Fixierung auf das Volumen der Organe. Ztschr. f. w. Mikr. 23: 14-25.

STOKLASA, J. (1922) Über die Resorption des Aluminium-Ions durch das Wurzelsystem der Pflanzen. Biochem. Ztschr. 128: 35-47.

STOMPS, TH. J. (1911) Kernteilung und Synapsis bei *Spinacia oleracea*, L. Biol. Ctbl. 31: 257-309.

STRASBURGER, E. (1884 a) Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen. Jena.

——— (1884 b) Die Controversen der indirecten Kerntheilung. Bonn.

——— (1888) Über Kern- u. Zelltheilung im Pflanzenreiche, nebst einem Anhang über Befruchtung. Histol. Beitr. H. 1.

——— (1900) Über Reduktionstheilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich. Histol. Beitr. H. 4.

——— (1907 a) Die Ontogenie der Zelle seit 1875. Progressus rei Bot. 1: 1-138. Jena.

——— (1907 b) Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybriden-Frage. Jahrb. f. wiss. Bot. 44: 482-555.

STRASBURGER, E. u. KOERNICKE, M. (1921) Das botanische Praktikum. 6. Aufl. Jena.

SZÜCS, J. (1913 a) Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der antagonistischen Ionenwirkungen. I. Mitt. Jahrb. f. wiss. Bot. 52: 85-142.

——— (1913 b) Über einige charakteristische Wirkungen des Aluminiums auf das Protoplasma. Jahrb. f. wiss. Bot. 52: 269-332.

TADOKORO, T. (1919) Kolloidchemische Forschungen über das Pflanzenplasma Journ. Coll. Agr. Hokkaido. Imp. Univ. 8: 143-182.

TAKAMINE, N. (1923) On the effect of ultraviolet rays upon nuclear divisions of plants. Bot. Mag. Tokyo. 37: 109-112.

TAKEUCHI, T. (1906-'08) On the behavior of algae to salts at certain concentration. Bull. Coll. Agr. Tokyo. 7: 623-629.

TAMURA, O. (1923) Morphologische Studie über Chromosomen und Zellkerne. Arch. f. Zellf. 17: 131-164.

TAYLOR, W. W. (1921) The chemistry of colloids. 2. Ed. London.

TELLYESNICZKY, K. (1898) Über die Fixierungs- (Härtungs-) flüssigkeiten. Arch. f. mikr. Anat. 52: 202-247.

——— (1910) Fixation. Enzykl. d. mikr. Technik. Bd. I. S. 460-473.

TERBY, J. (1923) Etude d'un cas de caryocinèse irrégulière dans le rhizome du "*Butomus umbellatus*". Bull. Soc. Roy. Bot. Belg. 56: 42-47.

TISCHLER, G. (1921-'22) Allgemeine Pflanzenkaryologie. Berlin.

TRAUBE, I. (1920) Über Balloelektrizität, Molekularkräfte und elektrische Kräfte. Ann. d. Phys. 62: 162-172.

TRAUBE, I. u. KLEIN, P. (1921) Kolloider Zustand schwerlöslicher und beschränktlöslicher Stoffe in Wasser und anderen Lösungsmitteln, sowie experimentelle Bestätigung von GIBBS Prinzip. Koll.-Ztschr. 29: 236-246.

TRUE, R. H. u. HARVEY, R. B. (1918) The absorption of calcium salts by squash seedlings. Brooklyn Bot. Garden. Memoirs. 1: 502-512.

TRÖNDLE, A. (1910) Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut. Jahrb. f. wiss. Bot. 48: 171-282.

——— (1918) Der Einfluss des Lichtes auf die Permeabilität der Plasmahaut und die Methode der Permeabiltäts-Koeffizienten. Vierteljahrsschr. d. Naturf.-Ges. in Zürich. 63:187-213.

——— (1920) Neue Untersuchungen über die Aufnahme von Stoffen in die Zellen. Biochem. Ztschr. 112: 259-285.

TSCHERMAK, A. v. (1924) Allgemeine Physiologie. Bd. 1. Berlin.

TSUKAMOTO, M. (1895) On the poisonous action of alcohols upon different organisms. Journ. Coll. Sc. Imp. Univ. 7: 269-284.

TURINA, B. (1922) Vergleichende Versuche über die Einwirkung der Selen-, Schwefel- und Tellursalze auf die Pflanzen, &c. Biochem. Ztschr. 129: 507-533.

ULEHLA, V. (1923) Über CO_2 und pH-Regulation des Wassers durch einige Süsswasseralgen. Ber. d. D. bot. Ges. 41: (20)-(31).

ULEHLA, V. u. MORAVEK, V. (1922) Über die Wirkung von Säuren und Salzen auf *Basidiobolus ranarum*. EID. (Vorl. Mitt. I.). Ber. d. D. bot. Ges. 40: 8-20.

URSPRUNG, A. (1924) Über das Eindringen von Wasser und anderen Flüssigkeiten in Interzellularen. Beih. z. bot. Ztbl. 41 : 15-40.

VAN LAER, H. et LOMBAERS, R. (1921) Recherches sur l'influence des variations de l'acidité libre dans la germination de l'orge. C. R. Soc. Biol. 85: 1115-1116.

VLÈS, F. et DRAGOIU, J. (1921) Etudes sur la pression osmotique d'arrêt de la division cellulaire. Arch. de Biol. 31: 453-493.

VRIES, H. DE (1884) Eine Methode zur Analyse der Turgorkraft. Jahrb. f. wiss. Bot. 14: 427-601.

——— (1885) Plasmolytische Studien über die Wand der Vakuolen. Jahrb. f. wiss. Bot. 16: 465-598.

WALTER, H. (1921) Ein Beitrag zur Frage der chemischen Konstitution des Protoplasmas. Biochem. Zeitschr. 122: 86-99.

——— (1924) Plasmaquellung und Wachstum. Ztschr. f. Bot. 16: 353-417.

WARBURG, O. (1910) Oxydationen in lebenden Zellen nach Versuchen am Seeigelei. Zeitschr. f. physiol. Chemie. 66:305-340.

——— (1914) Beiträge zur Physiologie der Zelle, insbesondere über die Oxydationsgeschwindigkeit in Zellen. Ergeb. der Physiol. 14 : 253-337.

WARBURG, O. und WIESEL, R. (1912) Über die Wirkung von Substanzen homologer Reihe auf Lebensvorgängen. Arch. f. d. ges. Physiol. 144: 465-488.

WARINGTON, K. (1923) The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. Ann. Bot. 37 : 629-672.

WASIELEWSKI, W. v. (1899) Über Fixierungsflüssigkeiten in der botanischen Mikrotechnik. Ztschr. f. w. Mikr. 14: 303-351.

——— (1903) Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Amitose. I. Absch. Jahrb. f. wiss. Bot. 38 : 377-420.

——— (1904) Theoretische und experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Amitose. II. Absch. Jahrb. f. wiss. Bot. 39 : 581-606.

WASSERMANN, F. (1921) Über den Einfluss erhöhter Temperatur auf die Zellen des Wurzelmeristems von *Allium Cepa,* ein Beitrag zur Analyse der Kernteilungsvorgangs. Anat. Anz. 54 : 163-175.

WEBER, F. (1921 a) Zentrifugierungsversuche mit ätherisierten Spirogyren. Biochem. Ztschr. 126 : 21-32.

——— (1921 b) Das Fadenziehen und die Viskosität des Protoplasmas. (Vorl. Mitt.) Österr. Bot. Ztschr. 70 : 172-180.

——— (1922 a) Reversible Viskositätserhöhung des lebenden Protoplasmas bei Narkose. Ber. d. D. bot. Ges. 40 : 212-216.

——— (1922 b) Die Viskosität des Protoplasmas. Naturw. Wochenschr. N. F. 21 : 113-125.

WEIS, A. (1925) Beiträge zur Kenntnis der Plasmahaut. Archiv f. wiss. Bot. 1 : 145-186.

WENBACHER, M. (1922) Intorno alla formazione delle membrane sulla superficie dei liquidi proteici. Arch. di scienze biol. 3 : 236-252.

WIELER, A. (1887) Plasmolytische Versuche mit unverletzten phanerogamen Pflanzen. Ber. d. D. bot. Ges. 5 : 375-380.

WILLIAMS, M. (1918) The influence of immersion in certain electrolytic solutions upon permeability of plant cells. Ann. Bot. 32 : 591-599.

——— (1922) On the influence of immersion in certain electrolytes upon cells of *Saxifraga umbrosa.* Ann. Bat. 36 : 563-576.

WILLIAMS, M. (1923) Observations on the action of x-rays on plant cells. Ann. Bot. 37 : 217-223.

WISSELINGH, C. VAN. (1902) Untersuchungen über *Spirogyra*. IV. Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. Bot. Ztg. I. Abt. 60 : 114-138.

——— (1903) Über abnormale Kernteilung. V. Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. Bot. Ztg. I. Abt. 61 : 201-248.

——— (1909) Zur Physiologie der *Spirogyra*-Zellen. Beih. z. bot. Ctbl. 24 : 133-210.

——— (1910) On the tests for tannin in the living plant and on the physiological significance of tannin. Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam. S. 1-685.

——— (1915) Über den Nachweis des Gerbstoffes in der Pflanze und über seine physiologische Bedeutung. Beih. z. bot. Ctbl. I. Abt. 32: 155-217.

——— (1920) Untersuchungen über Osmose. Flora. 113 (N. F. 13): 359-420.

——— (1921) Zehnter Beitrag zur Kenntnis der Karyokinese. Beih. z. bot. Ctbl. 38: 273-354.

WÖBER, A. (1920) Über die Giftwirkung von Arsen-, Antimon- und Fluorverbindungen auf einige Kulturpflanzen. Angew. Bot. 2: 161-178.

WOYCICKI, Z. (1906) Über die Einwirkung des Äthers und des Chloroforms auf die Teilung der Pollenmutterzellen und deren Produkte bei *Larix dahurica*. Bull. de l'Acad. d. Sc. de Cracovie. C. de Sc. Math. et Natur. S. 506-553.

YAMAHA, G. (1920 a) Einige Beobachtungen über die Zellteilung in den Archesporen und Sporenmutterzellen von *Psilotum triquetrum*, Sw., mit besonderer Rücksicht auf die Zellplattenbildung. Bot. Mag. Tokyo. 34: 117-129.

——— (1920 b) Zur Kenntnis über die Scheidewandbildung bei der Zellteilung im höheren Pflanzenreiche. (japanisch). Ebenda 34: (199)-(212).

——— (1924) Über die Anwendung der BECHERschen Beizenfarbstoffe auf die Pflanzenkaryologie. Bot. Mag. Tokyo. 38:61-75.

——— (1925 a) Über die Fixierungsflüssigkeiten (japanisch). Bot. Mag. Tokyo. 39: (36) ff.

——— (1925 b) Über den pH-Wert der Fixierungsmittel (Vorläuf. Mitt.). (japanisch). Ebenda 39: (164)-(167), 167.

——— (1925 c) Über die Vielkernigkeit im höheren Pflanzenreiche (japanisch). Ebenda 39: (381)-(384).

——— (1926 a) Über die Lebendbeobachtung der Zellstrukturen, nebst dem Artefaktprobleme in Pflanzenzytologie. Ebenda 40: 172-197.

——— (1926 b) Über die Zytokinese bei der Pollentetradenbildung, zugleich weitere Beiträge zur Kenntnis über die Zytokinese im Pflanzenreich. Jap. Journ. of Bot. 3:139-162.

YAMAHA, G. and SINOTÔ, Y. (1925) On the behaviour of the nucleolus in the somatic mitosis of higher plants, with microchemical notes. Bot. Mag. Tokyo. 39: 205-219.

ZACHARIAS, E. (1910) Die chemische Beschaffenheit von Protoplasma und Zellkerne. Progr. rei Bot. 3: 67-258.

ZANGGER, H. (1902) Histologisch-färbetechnische Erfahrungen im Allgemeinen, und speziell über die Möglichkeit einer morphologischen Darstellung der Zell-Narkose. (Vitale Färbung). Viertelj. d. Naturf. Ges. in Zürich. 47: 41–72.

——— (1906) Über Membranen. Vierteljahresschr. d. Naturf. Ges. in Zürich. 51: 432–440.

——— (1908) Über Membranen und Membranfunktion. Ergeb. der Physiol. 7: 99–160.

ZEUG, M. (1920) Äquilibrierte Salzlösungen als indifferente Suspensionsflüssigkeiten für Bakterien. Arch. f. Hygiene. 89: 175–190.

ZIMMERMANN, A. (1896) Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkerns. Jena.

ZIMMERMANN, W. (1923) Zytologische Untersuchungen an *Sphacelaria fusca*, AG. Ein Beitrag zur Entwicklungsphysiologie der Zelle. Ztschr. f. Bot 15: 113–175.

ZUMSTEIN, H. (1900) Zur Morphologie und Physiologie der *Euglena gracilis*, KLEBS. Jahrb. f. wiss. Bot. 34: 149–198.

ZSIGMONDY, R. (1920) Kolloidchemie. 3. Aufl. Leipzig.

Figurenerklärung.

Alle Mikrophotographien beziehen sich auf die Wurzelspitzenzellen, vereinzelt von *Glycine Soja* (Fig. 14, 19, 21, 22, 27-29, 77-85, 88, 89, 162-164) oder *Vigna chinensis* (Fig. 172, 173), aber grossenteils von *Vicia Faba* (alle sonstige Figuren), welche nach der—wenn nichts besonders bemerkt—2 Stunden langen Vorbehandlung mit den nach jeder Figurennummer bezeichneten Chemikalien mit Flemmingschem Gemisch fixiert, und entweder mit Heidenhains Eisenhämatoxylin und Lichtgrün (oder Säurefuchsin) oder Alizarinbordeaux-Aluminiumsulfat (s. Yamaha '24) gefärbt wurden. Schnittdicke 5 μ; Vergrösserung ca. 1000 mal. Bei der photographischen Aufnahme wurden benutzt Zeiss' Apochromat-Objektiv 2 mm (N.A. 1, 30), Kompensationsokular 8 (×10), und Becksche horizontale mikrophotographische Kamera.

Tafel I.

Fig. 1. Destilliertes Wasser (3 Stunden lang); Zytoplasma etwas geschrumpft. filzig, mit bläschenartigen Körpern. Karyotin deutlich netzig. Kernwand ausgeprägt.

Fig. 2. Destilliertes Wasser (24 Stunden lang); Zytoplasma grob filzig, mit Bläschenkörpern. Karyotin flockig (dünn netzig, mit Karyosomen).

Fig. 3. Destilliertes Wasser (4 Tage lang); Zytoplasma arm filzig, mit flockigen Niederschlägen. Karyotin flockig-netzig. Kernwand ausgeprägt.

Fig. 4. HCl (10, 54 proz.); Zytoplasma etwas geschrumpft, fein gerinnselig. Karyotin schön netzig. Nukleolus gänzlich aufgelöst !

Fig. 5. HCl (2, 63 proz.); Zytoplasma gerinnselig-filzig. Karyotin netzig-vakuolig. Nukleolus blass gefärbt (teilweise gelöst?). Chromosomen flockig, entstellt. Spindelfäden deutlich. Kern etwas verunstaltet.

Fig. 6. HCl (0, 66 proz.); Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig. Karyotin vakuolig-netzig. ,, tassement équatorial.''

Fig. 7. HNO_3 (0,41 proz.); Zytoplasma dünn netzig-gerinnselig. Karyotin ausgehöhlt, blass gefärbt, vakuolig-netzig. Nukleolus blass, vakuolig. Anaphasenbrücke.

Fig. 8. HNO_3 (1,64 proz.); Verbindungsfäden gerinnselig fixiert. Zellplattenanlage angedeutet.

Fig. 9. HNO_3 (0,2 proz.); Anaphase mit gerinnseligem Phragmoplasten.

Fig. 10. HNO_3 (1,64 proz.); Karyotin ausgehöhlt. Hautschichtanlage.

Fig. 11. HNO_3 (0,41 proz.); Chromosomen zusammengedrückt, ,, tassement équatorial.''

Fig. 12. HNO_3 (0,2 proz.); Kern unregelmässig gestaltet. Nukleolus vakuolig. Metaphase mit persistentem Nukleolus. Spindelfäden gerinnselig. Chromosomen flockig.

Fig. 13. HNO_3 (0,82 proz.); ,, gesäumter '' Nukleolus mit hellem Hof. Spindelsubstanz gerinnselig.

Tafel II.

Fig. 14. H_2SO_4 (0,0087 proz.); rückgebildete (einpolige) Metaphase, „eingruppige Rekonstruktion."

Fig. 15. H_2SO_4 (0,0174 proz.); Metaphasechromosomen geschrumpft, deutlich gekörnert (Chromomeren). Zytoplasma eckig geschrumpft.

Fig. 16. H_2SO_4 (0,00435 proz.); Anaphasenbrücke mit Zellplattenanlage.

Fig. 17. H_2SO_4 (0,00435 proz.); Telophasenbrücke mit Zellplattenanlage.

Fig. 18. H_2SO_4 (0,0022 proz.); Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Karyotin flockig.

Fig. 19. CrO_3 (2,5 proz.); Zytoplasma körnig-gerinnselig. Nukleolus mit breitem Hof. Verbindungsfäden gerinnselig-fädig.

Fig. 20. CrO_3 (0,0097 proz.); Zytoplasma gerinnselig-filzig, mit Bläschenkörpern. Kern etwas verunstaltet.

Fig. 21. H_2PtCl_6 (2 proz.); Zytoplasma fein körnig-gerinnselig. Nukleolus gehoft. Verbindungsfäden schwach angedeutet (gerinnselig-fädig).

Fig. 22. H_2PtCl_6 (0,125 proz.); Zytoplasma gerinnselig-filzig, mit Bläschenkörpern. Verbindungsfäden deutlich.

Fig. 23. Borsäure (1,55 proz.); gehofte Metaphase mit zusammengedrückten Chromosomen.

Fig. 24. Borsäure (1,55 proz.); Anaphase (tassement polaire) mit extranuklearen Nukleolen. Spindelsubstanz gerinnselig-fädig.

Fig. 25.
Fig. 26. } As_2O_3 (0,395 proz.); Zytoplasma filzig-vakuolig, mit Bläschenkörpern. Karyotin netzig-flockig. Spindelfäden kaum sichtbar. „Karyolyse." Metaphase mit zusammengedrückten Chromosomen. Telophase mit nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen. Zellplatte doppelkontouriert, seitlich angelegt.

Fig. 27. OsO_4 (2 proz.); Zytoplasma geschrumpft, homogen, mit Vakuolen. Kernwand undeutlich. Nukleolus ganz hoffrei. Spindelsubstanz homogen (links oben).

Tafel III.

Fig. 28. OsO_4 (1 proz.); Zytoplasma mit „Myelinformen" (?).

Fig. 29. OsO_4 (0,25 proz.); Zytoplasma etwas geschrumpft, merklich vakuolig.

Fig. 30. H_2O_2 (0,75 proz.); Telophase mit der in Rückbildung begriffenen Zellplatte.

Fig. 31. H_2O_2 (0,75 proz.); Anaphasen- und Telophasenbrücke.

Fig. 32. H_2O_2 (0,75 proz.); Zytoplasma gerinnselig, mit Vakuolen. Karyotin fein körnig-netzig. Nukleolus mit breitem Hof. Kern etwas entstellt.

Fig. 33. H_2O_2 (0,75 proz.); zweikernige Zellen (Telophase ohne Zellplatte).

Fig. 34, 36. H_2O_2 (0,375 proz.); Tolophase mit unregelmässigen Tochteranlagen. Verbindungsfäden kaum oder schwach angedeutet.

Fig. 35. H_2O_2 (0,375 proz.); amöboide Kerne.

Fig. 37. KOH (0,7 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig, grob vakuolig. Kern sehr gequollen. Karyotin grossenteils aufgelöst. Nukleolus geschrumpft.

Fig. 38. KOH (0,175 proz.); Chromosomen gelöst unter Quellung. Spindelfäden vernichtet.

Fig. 39. NH_3 (0,12 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig, mit Vakuolen. Kern geschrumpft, unter Hofbildung („Pseudokaryolyse"). Nukleolus aus Kern herausperlend.

Fig. 40. NH_3 (0,03 proz.); Anaphase mit Zellplattenanlage. Verbindungsfäden degeneriert.

Fig. 41. $AuCl_3$ (0,03 proz.); Metaphase; Chromosomen gerinnselig, etwas verunstaltet, zerstreut.

Tafel IV.

Fig. 42. $AgNO_3$ (8, 495 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig. Kern gequollen. Karyotin aufgelöst, mit gerinnseligen Resten. Nukleolus vakuolig.

Fig. 43. $AgNO_3$ (8,495 proz.); Telophase mit doppelkontourierter Zellplatte. Verbindungsfäden homogen-gerinnselig. Karyotin aufgelöst.

Fig. 44. $AgNO_3$ (8,495 proz.); Metaphase und Anaphase; Chromosomen schlanker, teilweise aufgelöst. Verbindungsfäden unsichtbar. Zellplatte normal.

Fig. 45. $CuSO_4$ (15,9 proz.); Zytoplasma geschrumpft, dicht homogen-gerinnselig, mit Vakuolen. Karyotin teilweise aufgelöst.

Fig. 46. $CuSO_4$ (3,975 proz.); Anaphase und Telophase; Verbindungsfäden schwach angedeutet (gerinnselig-fädig).

Fig. 47. $HgCl_2$ (2,7 proz.); Metaphase, Anaphase und Telophase; Chromosomen geschrumpft. Spindelfäden kaum angedeutet. Zellplattenanlage doppelkontouriert.

Fig. 48. $HgCl_2$ (0,17 proz.); Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig, mit Vakuolen.

Fig. 49. $HgCl_2$ (0,17 proz.)
Fig. 50. $HgCl_2$ (0,085 proz.)
} Zellplatten mit Doppelkontour. Spindelsubstanz kaum fädig (homogen-gerinnselig).

Fig. 51. $HgCl_2$ (0,021 proz.); Metaphase mit dem scharf nach aussen hin begrenzten Spindelraum.

Fig. 52. $CdCl_2$ (2,85 proz.); Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig-vakuolig. „Karyolyse." Nukleolus gehoft. Karyotin flockig.

Fig. 53. $CdCl_2$ (0,71 proz.); Anaphase ohne Verbindungsfäden. Hautschichtanlage gespalten.

Fig. 54. $SnCl_2$ (0,7 proz.); Metaphase mit verunstalteten und miteinander verklebten Chromosomen.

Fig. 55. $SnCl_2$ (0.088 proz.); Prophase mit nukleolusähnlichen Körpern.

Tafel V.

Fig. 56. $SnCl_2$ (0,088 proz.); Metaphase. Anaphasenbrücke. Spindelfäden ziemlich deutlich. Chromosomen entstellt, miteinander gebrückt.

Fig. 57. $SnCl_2$ (0,088 proz.); Telophasenbrücke mit sehr unregelmässigen Tochteranlagen.

Fig. 58. Bleinitrat (8,28 proz.); Zytoplasma gerinnselig-filzig, mit Bläschenkörpern. Karyotin vakuolig-netzig. Telophasenbrücke mit Zellplatte.

Fig. 59. Bleinitrat (8,28 proz.); Telophasenbrücke (Karyodesmose) mit homogener Spindelsubstanz.

Fig. 60. Bleinitrat (8,28 proz.); Anaphase; Chromosomen nicht auseinandergewichen.

Fig. 61. Bleinitrat (4,14 proz.); Metaphase; Chromosomen sehr verunstaltet, miteinander verschmolzen, ungeordnet. Ein amöboider Kern.

Fig. 62. Bleinitrat (4,14 proz.); Telophase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 63. $FeCl_3$ (8,1 proz.); Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig-filzig-vakuolig. Karyotin teilweise aufgelöst, grob vakuolig. Nukleolus geschrumpft. Metaphase; Chromosomen geschrumpft. Spindelfäden deutlich.

Fig. 64. $FeCl_3$ (8,1 proz.); Anaphase mit ausgeprägten Verbindungsfäden.

Fig. 65. $FeCl_3$ (1,014 proz.); Telophase mit Zellplattenanlage. Verbindungsfäden undeutlich.

Fig. 66. $FeSO_4$ (13,9 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig (-filzig), mit Bläschenkörpern. Metaphasenchromosomen verdickt und verkürzt, miteinander verschmolzen.

Fig. 67. $FeSO_4$ (1,74 proz.); sehr abgeplattete Anaphasenbrücke mit Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 68. $FeSO_4$ (0,869 proz.); Metaphase mit gekräuselten und miteinander verklebten Chromosomen.

Fig. 69. Fig. 70. } $FeSO_4$ (0,435 proz.); zwei aufeinanderfolgende Schnitte; abnorme Anaphase mit verlegter Zellplatte. Chromosomen klumpig, fragmentiert, oder miteinander verschmolzen. Verbindungsfäden gerinnselig-fädig.

Fig. 71. $FeSO_4$ (0,435 proz.); abnorme Metaphase; Chromosomen sehr entstellt, ungeordnet, miteinander verschmolzen.

Fig. 72. $NiSO_4$ (1,75 proz.); Zytoplasma fein gerinnselig-filzig. Anaphase; Verbindungsfäden ausgeprägt, abnormerweise gebogen.

Fig. 73. $NiSO_4$ (1,75 proz.); Anaphase mit gedrehten Tochteranlagen und verlegtem Verbindungsfädenkomplexe.

Tafel VI.

Fig. 74. $NiSO_4$ (1,75 proz.); gebogene Anaphasenbrücke.

Fig. 75. $NiSO_4$ (0,875 proz.); Anaphase mit „chromatischen" Verbindungsfäden.

Fig. 76. $NiSO_4$ (0,0547 proz.); eine Abart der Anaphasenbrücken.

Fig. 77. $NiSO_4$ (14 proz.); gehofte Anaphase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 78. $NiSO_4$ (14 proz.); Metaphase mit anastomosierten Chromosomenhaufen.

Fig. 79. $NiSO_4$ (14 proz.); Metaphase; Chromosomen miteinander verschmolzen oder zusammengedrückt.

Fig. 80. $NiSO_4$ (14 proz.); Anaphase (tassement polaire); Verbindungsfädenkomplex ersetzt durch einen nukleolusartigen Körper.

Fig. 81. $NiSO_4$ (14 proz.); Metaphase nnd Anaphase ; Chromosomen zusammengedrängt.

Fig. 82. $NiSO_4$ (7 proz.); Metaphase; Chromosomen verunstaltet, sehr zerstreut.

Fig. 83. $NiSO_4$ (7 proz.)
Fig. 84. $NiSO_4$ (3,5 proz.) } unregelmässige Anaphasenbrücken mit Zellplattenanlagen. Verbindungsfäden äusserst schwach angedeutet.

Fig. 85. $NiSO_4$ (0,875 proz.); Anaphasenbrücke und Telophase; Chromosomen verunstaltet, miteinander verschmolzen. Spindelfäden nur schwach angedeutet.

Fig. 86. $CoCl_2$ (0,744 proz.); Metaphase; Chromosomen homogen-gerinnselig, verunstaltet, miteinander verschmolzen. Spindelfäden deutlich.

Fig. 87. CoCl (0,186 proz.); Metaphase mit persistentem Nukleolus. Chromosomen gerinnselig.

Fig. 88. $CoCl_2$ (5,949 proz.); Metaphase mit zusammengedrückten und ungeordneten Chromosomen.

Fig. 89. $CoCl_2$ (2,975 proz.); Telophase; Zellplatte doppelkontouriert. Verbindungsfäden homogen-gerinnselig. Zytoplasma gerinnselig-vakuolig.

Fig. 90. $SrCl_2$ (0,83 proz.); Zytoplasma etwas geschrumpft, filzig, mit Bläschenkörpern. Karyotin netzig-körnig. ,, Karyolyse."

Fig. 91. $SrCl_2$ (0,83 proz.) ; Telophase mit verkürztem und verdichtetem Verbindungsfadenkomplexe.

Tafel VII.

Fig. 92. $SrCl_2$ (0,83 proz.); Telophase; Zellplattenbildung zentripetal. Verbindungsfadenkomplex lokal gedrängt.

Fig. 93. $CaCl_2$ (2,77 proz.); Zytoplasma geschrumpft, filzig, mit Bläschenkörpern. Anaphase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen und extranuklearen Nukleolen. Verbindungsfäden degeneriert.

Fig. 94. $CaCl_2$ (2,77 proz.); Kernverschmelzung. Karyotin grob netzig.

Fig. 95. $CaCl_2$ (2,77 proz.); Telophase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 96. NaCl (1,46 proz.); Zytoplasma arm filzig. Abnorme Anaphase mit Kernhöfen. Verbindungsfäden unsichtbar.

Fig. 97. NaCl (5 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig. Telophase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 98. LiCl (0,488 proz.); ,, Tassement équatorial " mit Kernhof.

Fig. 99. LiCl (0,488 proz.); Anaphasenbrücke. Chromosomen mit geschwollenen Enden.

Fig. 100. LiCl (0,244 proz.) ; Metaphase mit verunstalteten Chromosomen.

Fig. 101. Na_2SO_4 (4 Proz.); Anaphase mit sehr entfernten Tochteranlagen und gekrümmten Verbindungsfäden.

Fig. 102. KNO_3 (2,525 proz.); Zytoplasma bedeutend filzig. Kern entstellt. Karyotin vakuolig.

Fig. 103. KNO_3 (0,632 proz.); zweikernige Zelle. Zytoplasma ganz filzig.

Fig. 104. KNO_3 (1,263 proz.); zweikernige Zelle. Kernfusion.

Fig. 105. KBr (1,487 proz.); Metaphase; Chromosomen gekräuselt, miteinander zusammengeschmolzen.

Fig. 106. KJ (1,038 proz.); Zytoplasma geschrumpft, filzig, mit Bläschenkörpern. Karyotin vakuolig. Zweikernige Zellen. Kernfusion.

Fig. 106b. $KClO_3$ (0,766 proz.); Kernfusion. Zellplattenanlage verlegt und gebogen.

Tafel VIII.

Fig. 107. $KMnO_4$ (0,494 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig, mit Vakuolen. Karyotin gerinnselig-flockig. Kern und Chromosomen verunstaltet. Spindelfäden kaum sichtbar.

Fig. 108. K_2CrO_4 (2,428 proz.); Zytoplasma filzig, mit Bläschenkörpern. Karyotin grob netzig. Kern runzelig entstellt.

Fig. 109. K_2CrO_4 (2,428 proz.); Telophase ohne Zellplattenbildung.

Fig. 110. K_2CrO_4 (0,602 proz.); Anaphasenbrücke; Verbindungsfäden deutlich, aber keine Zellplatte.

Fig. 111. $K_2Cr_2O_7$ (14,71 proz.); Zytoplasma erheblich geschrumpft, homogen-gerinnselig. Karyotin flockig, teilweise aufgelöst. Chromosomen aufgelöst unter Quellung.

Fig. 112. $K_2Cr_2O_7$ (3,677 proz.); Anaphase (tassement polaire) mit schwach angedeuteten, dünnen Verbindungsfäden.

Fig. 113. KCN (3,25 proz.); Zytoplasma sehr geschrumpft, homogen-gerinnselig. Kern gequollen, verunstaltet. Karyotin aufgelöst bis auf die tropfigen Reste. Spindelsubstanz homogen fixiert.

Fig. 114. KCN (0,813 proz.); Telophase mit nicht auseinandergehenden Tochteranlagen. Verbindungsfäden körnig fixiert.

Fig. 115. KCN (0,813 proz.); Anaphase mit körnigem oder gerinnseligem Phragmoplasten. Kern verunstaltet. Karyotin netzig-vakuolig. Zytoplasma filzig.

Fig. 116. KCN (0,203 proz.); Zytoplasma geschrumpft, filzig. Karyotin netzig-vakuolig. Nukleolus blass gefärbt. Zweikernige Zelle.

Tafel IX.

Fig. 117. KCN (0,203 proz.); amöboide Kerne.

Fig. 118. KCN (0,102 proz.); Anaphase mit unregelmässigen und nicht auseinandergewichenen Tochteranlagen, und ohne Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 119. KCN (0,025 proz.); Telophasenbrücke ohne Zellplatte.

Fig. 120. Borax (1,9 proz.); Anaphase mit abnorm entfernten Tochteranlagen und gebogenen Verbindungsfäden.

Fig. 121.
Fig. 122. } Borax (1,9 proz.); abnorme Telophase mit verlegter Zellplatte.

Fig. 123. Borax (1,9 proz.); Anaphase mit gebogenen Verbindungsfäden.

Fig. 124. Borax (1,9 proz.); Metaphase und Anaphase; Chromosomen ungeordnet, verunstaltet. Spindelfäden nur schwach angedeutet.

Fig. 125. Borax (0,475 proz.); unregelmässige Anaphase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte.

Fig. 126. Na_2SO_3 (1,576 proz.); Telophase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte (Phragmoplast filzig-netzig).

Fig. 127. NH_4SCN (0,119 proz.); Metaphase mit anastomosierten Chromosomen.

Fig. 128. NH_4SCN (0,119 proz.); Metaphase; eingruppige Rekonstruktion (einpolige Mitose). Chromosomen flockig.

Fig. 129. NH_4SCN (0,059 proz.); unregelmässig rekonstruierte Metaphase.

Fig. 130. NH_4SCN (0,119 proz.); Anaphase; Chromosomen verunstaltet, ungeordnet, homogen-gerinnselig.

Fig. 131. Essigsäure (6 proz.); Zytoplasma geschrumpft, dicht gerinnselig-filzig. Kern unregelmässiger Gestalt. Karyotin fein netzig. Nukleolus blass gefärbt. Anaphase mit nur schwach angedeuteten Verbindungsfäden.

Tafel X.

Fig. 132. Essigsäure (0,046 proz.); Zytoplasma filzig-vakuolig, mit Bläschenkörpern. Kern verunstaltet. Anaphasenbrücke mit Verbindungsfäden und Zellplattenanlage.

Fig. 133. Buttersäure (0,048 proz.); Zytoplasma arm gerinnselig-filzig. Karyotin netzig-vakuolig. Nukleolus entstellt, hoffrei.

Fig. 134. Oxalsäure (12,6 proz.); Zytoplasma geschrumpft, dicht gerinnselig, etwas vakuolig. Kern etwas verunstaltet. Karyotin netzig-gerinnselig. Nukleolus blass, hoffrei. Fast normale Metaphase und Anaphase.

Fig. 135. Oxalsäure (0,049 proz.); Anaphasenbrücke mit Zellplattenanlage.

Fig. 136. Zitronensäure (0,0205 proz.); Anaphase mit gedrehten Tochteranlagen und gebogenen Verbindungsfäden.

Fig. 137. Pikrinsäure (1 proz.); Metaphase mit geschrumpften und miteinander verschmolzenen Chromosomen. Zytoplasma körnig-netzig. Spindelfäden kaum bemerkbar.

Fig. 138. Pikrinsäure (0,25 proz.); Zytoplasma gerinnselig, grob vakuolig. Telophase ohne Verbindungsfäden. Zellplatte doppelkontouriert.

Fig. 139. Pikrinsäure (0,125 proz.); Zytoplasma körnig-filzig. Telophase mit entstellten Tochteranlagen und seitlich angelegter Zellplatte. Spindelsubstanz gerinnselig.

Fig. 140. Pikrinsäure (0,125 proz.); Telophasenbrücke mit unregelmässigen Tochteranlagen und Zellplattenanlage, aber ohne Verbindungsfäden. Chromosomen flockig.

Fig. 141. Pikrinsäure (0,125 proz.); Anaphase ohne Verbindungsfäden. Zellplattenanlage angedeutet (?).

Fig. 142. Gallussäure (1,2 proz.); Anaphase mit gedrehten Tochteranlagen und gebogenen Verbindungsfäden.

Fig. 143. Gallussäure (0,6 proz.); Telophase mit gebogen angelegter Zellplatte.

Fig. 144. Na-Formiat (6,8 proz.); Zytoplasma erheblich geschrumpft, gerinnselig-vakuolig. Kerne sehr gequollen, entstellt. Karyotin ausgehöhlt, homogen-vakuolig, Nukleolus aufgelöst unter Quellung. Chromosomen ganz geschrumpft, miteinander verschmolzen, oder hinausdiffundiert. Spindelfäden kaum sichtbar.

Fig. 145. Na-Azetat (2,05 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig-filzig. Anaphase; Verbindungsfäden undeutlich, Zellplatte nicht gebildet.

Fig. 146. Na-Azetat (1,025 proz.); abnorme Metaphase mit deutlichen Spindelfäden.

Fig. 147. NH_4-Oxalat (1,55 proz.); Zytoplasma gerinnselig-filzig, mit Bläschenkörpern. Telophase; Phragmoplast gerinnselig, ohne Zellplattenanlage.

Tafel XI.

Fig. 148. NH_4-Oxalat (1,55 proz.); Zytoplasma homogen-vakuolig, mit Körnchen. Metaphase mit miteinander verklebten und etwas zusammengedrückten Chromosomen. Spindelfäden kaum sichtbar.

Fig. 149. Methylalkohol (25 proz.); Zytoplasma geschrumpft, homogen-gerinnselig. Karyotin homogen-gerinnselig. Nukleolus unregelmässig gestaltet. Chromosomen geschrumpft, zusammengedrückt.

Fig. 150. Methylalkohol (12,5 proz.); sehr unregelmässige Telophasenbrücke mit deutlichen Verbindungsfäden und Zellplattenanlage.

Fig. 151. Methylalkohol (6,25 proz.); Metaphase mit zerstreuten, verunstalteten und fragmentierten Chromosomen.

Fig. 152. Methylalkohol (6,25 proz.); Zytoplasma gerinnselig. Karyotin körnig-gerinnselig. Tripolige Mitose mit deutlichen Spindelfäden. Anaphase mit nicht auseinandergewichenen Chromosomenhaufen.

Fig. 153. Methylalkohol (12,5 proz.); bizarre Anaphasenbrücke mit verunstalteten Chromosomen.

Fig. 154. Methylalkohol (12,5 proz.); abgeplattete Anaphasenbrücke mit Verbindungsfäden und Zellplattenanlage.

Fig. 155. Methylalkohol (6,25 proz.); sehr abgeplattete Telophase mit unregelmässigen Tochteranlagen und Scheidewandanlage.

Fig. 156. Methylalkohol (3,125 proz.); Metaphase und Anaphase mit verunstalteten Chromosomen.

Fig. 157. Äthylalkohol (50 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig, mit Vakuolen, geschrumpft. Karyotin körnig-gerinnselig. Chromosomen etwas geschrumpft, körnig-vakuolig.

Fig. 158. Äthylalkohol (12,5 proz.); Metaphase und Anaphase mit ungeordneten, verunstalteten und fragmentierten Chromosomen. Spindelfäden deutlich.

Fig. 159. Äthylalkohol (3,125 proz.); Metaphase mit sehr verkürzten und verdickten (fragmentierten ?) Chromosomen.

Fig. 160. Äthylalkohol (1,56 proz.); Kern etwas eckig entstellt. Karyotin ins Zytoplasma hinausdiffundiert.

Tafel XII.

Fig. 160b. Butylalkohol (8 proz.); Zytoplasma erheblich geschrumpft, homogen-gerinnselig, mit den an GOLGI-Apparat erinnernden, gehoften Gebilden. Kernmembran undeutlich. Karyotin arm gerinnselig, teilweise ins Zytoplasma exosmiert.

Fig. 161. Amylenhydrat (2 proz.); tripolige Mitose mit deutlichen Spindelfäden. Zytoplasma gerinnselig.

Fig. 162. Formaldehyd (30 proz.); Zytoplasma etwas geschrumpft, homogen, mit Vakuolen und tropfigen Körpern. Karyotin homogen, mit Karyosomen.

Fig. 163. Formaldehyd (30 proz.); Metaphase; Chromosomen etwas geschrumpft. Spindelsubstanz homogen.

Fig. 164. Formaldehyd (15 proz.); Zytoplasma homogen-vakuolig. Kernwand undeutlich. Karyotin homogen. Anaphase und Telophase mit homogenem Phragmoplasten. Chromosomen geschrumpft.

Fig. 165. Chloralhydrat (1,034 proz.); Zytoplasma homogen-gerinnselig. Karyotin arm gerinnselig-vakuolig. Nukleolus unregelmässig gestaltet. Anaphase; Chromosomen schlanker, körnig. Verbindungsfäden äusserst schwach angedeutet.

Fig. 166. Chloralhydrat (0,258 proz.); ein entstellter Riesenkern mit vermehrten Nukleolen.

Fig. 167. Glyzerin (1,56 proz.); Metaphase; Chromosomen miteinander verschmolzen, gebrückt und gezackt.

Fig. 168. Azeton (25 proz.); Zytoplasma geschrumpft, gerinnselig, mit Körnern. Anaphase; Chromosomen körnig-vakuolig. Spindelfäden schwach angedeutet.

Fig. 169. Äthyläther (10 proz.); Kern merklich entstellt, karyotinarm. Zytoplasma gerinnselig.

Fig. 170. Äthyläther (5 proz.); abnorme Metaphase mit klumpig verunstalteten und miteinander verschmolzenen Chromosomen. Spindelfäden körnig fixiert.

Fig. 171. Toluol (gesättigt); Zytoplasma homogen-gerinnselig. Karyotin homogen, mit Karyosomen. Kern deutlich gehoft. Chromosomen schlanker, flockig-körnig.

Fig. 172. Harnstoff (3 proz.); Zytoplasma gerinnselig-filzig, mit Bläschen und Vakuolen. Zweikernige Zelle (jeder Kern mit zwei Nukleolen!).

Fig. 173. Harnstoff (3 proz.); Metaphase mit um 90° umgedrehter Teilungsachse. Chromosomen zusammengedrückt. Spindelfäden homogenisiert.

Tafel XIII.

Fig. 174. Pyridin (0,78 proz.); abnorme Telophase mit verlegter Zellplattenanlage.

Fig. 175. Pyridin (0,39 proz.); Karyomerenbildung.

Fig. 176. Pyridin (0,39 proz.); sehr unregelmässige Telophase mit verlegter Zellplatte.

Fig. 177. Pyridin (0,39 proz.); Karyomerenbildung. Gebogene Zellplattenanlage.

Fig. 178. Phenol (0,0367 proz.); Telophase mit etwas verlegten Tochteranlagen. Verbindungsfäden schwach angedeutet.

Fig. 179. Phenol (0,0183 proz.); eine Abart der Telophasenbrücken mit seitlich angelegter Scheidewandanlage.

Fig. 180. Antipyrin (1 proz.); Anaphase mit schön verspreizten Chromosomenhaufen („Sonnenform") und deutlichen Verbindungsfäden.

Fig. 181. Kokainchlorid (0,125 proz.); Metaphase mit etwas verunstalteten und ungeordneten Chromosomen und persistentem Nukleolus.

Fig. 182. Atropinsulfat (0,625 proz.); Anaphase mit abnorm entfernten Tochteranlagen.

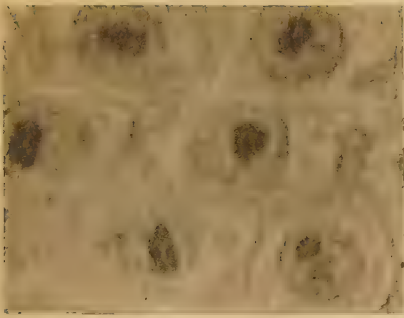
Fig. 183. Atropinsulfat (0,156 proz.); Telophasenbrücke (Karyodesmose) mit Scheidewandanlage.

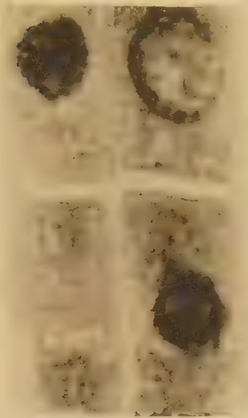
Fig. 184. Morphinchlorid (5,1 proz.); Telophase ohne Verbindungsfäden und Zellplatte (?). Zytoplasma homogen-gerinnselig.

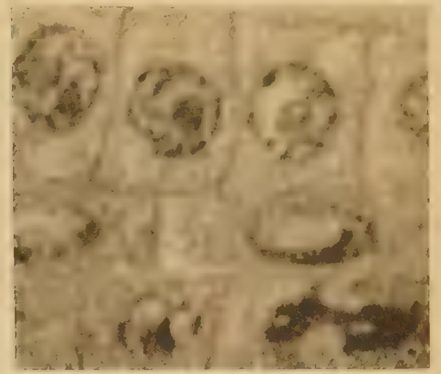
Fig. 185. Morphinchlorid (1,275 proz.); tripolige Mitose mit Zellplattenanlagen.

Fig. 186. Morphinchlorid (0,0199 proz.); Metaphase mit verunstalteten und etwas ungeordneten Chromosomen.

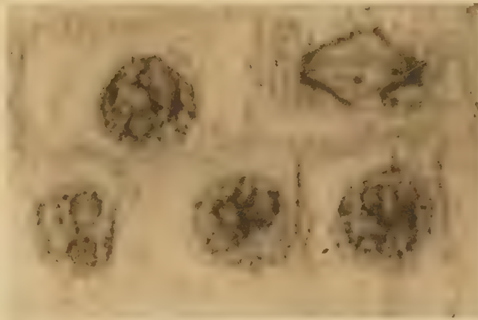
Inhaltsverzeichnis.


1


6


7


2

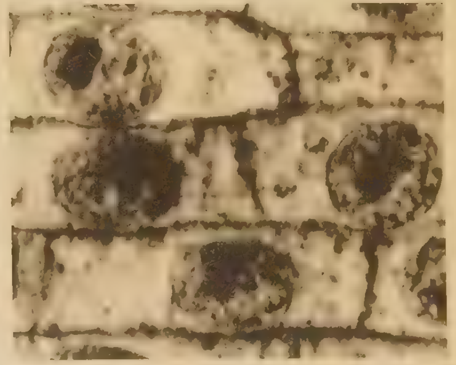

5


8


9


10

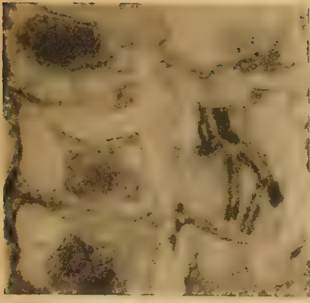

4


3

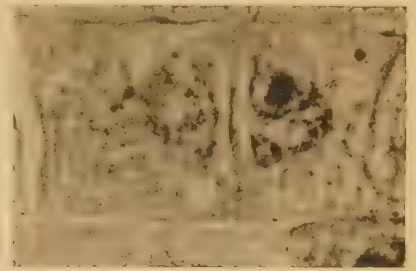

12

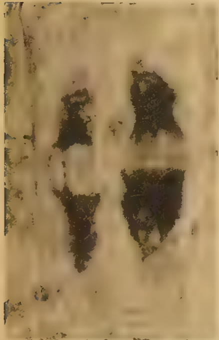

11

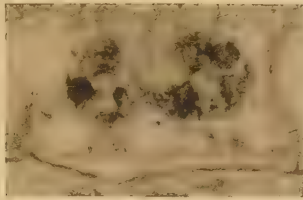

13


15


14

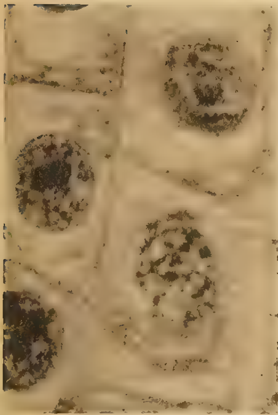

18

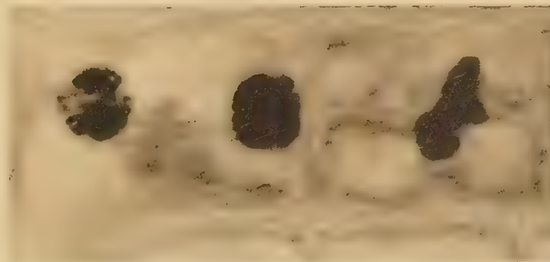

16

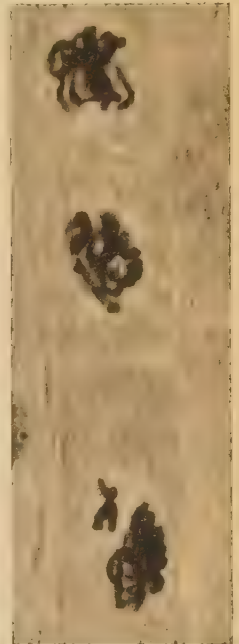

17


19


21

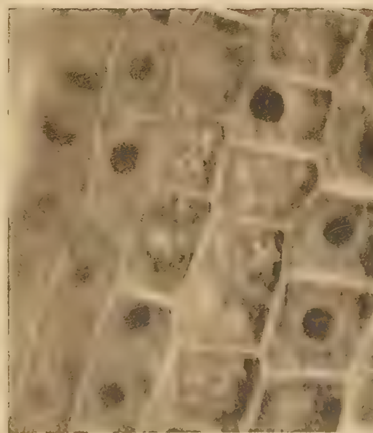

20


26


23


25

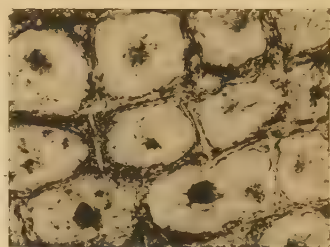

24


27


22


28

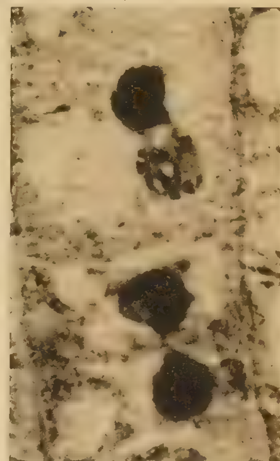

33

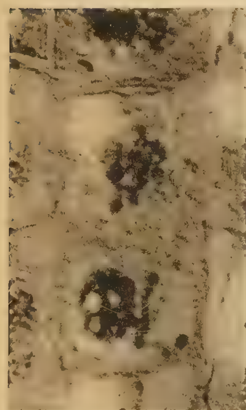

37

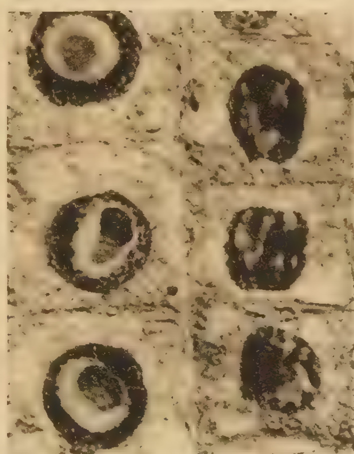

29


30


39


31

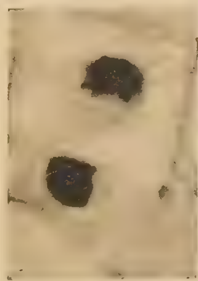

36

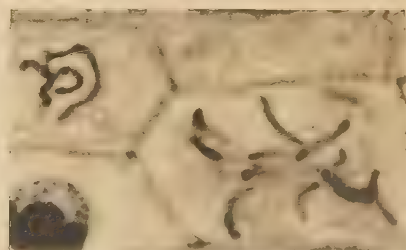

32


35


38


34


40

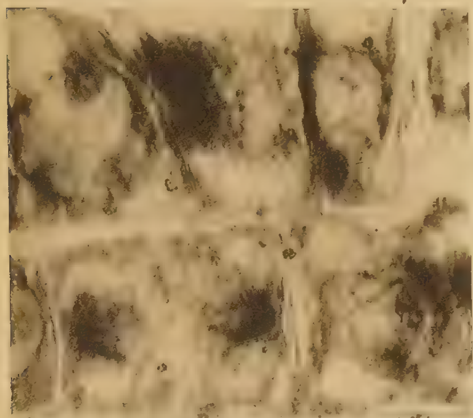

41

G. YAMAHA: Experimentelle zytologische Beiträge. I.


42


43


45


44


46


47

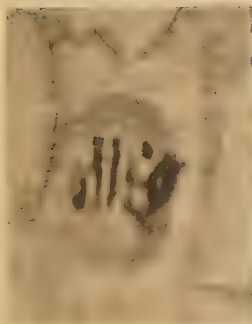

48

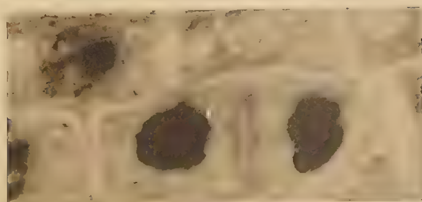

49

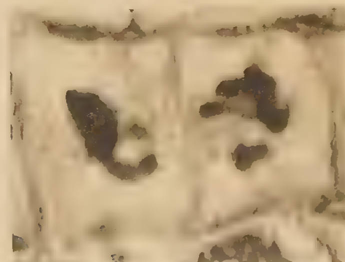

50


52


55

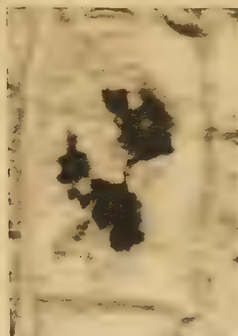

51


53


54

G. YAMAHA: Experimentelle zytologische Beiträge. I.

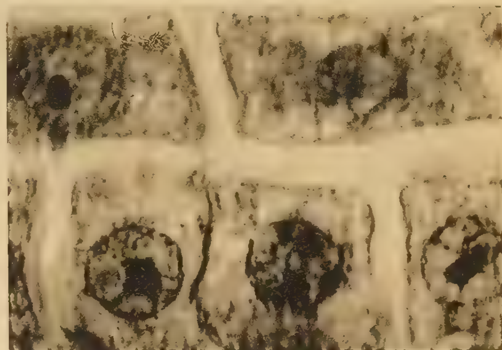

56


57


58


59

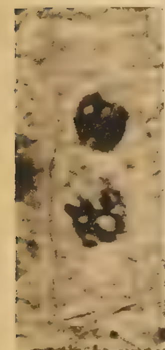

61


63


60


65


64


62


66


69


70


67

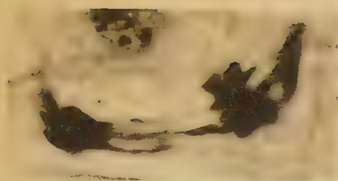

72


71


68


73

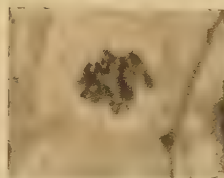
G. Yamaha: Experimentelle zytologische Beiträge. I.


74


75


76


79


78


77


80


82


81

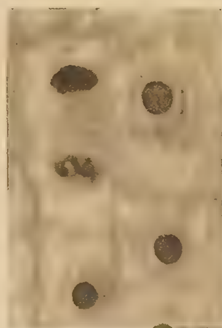

84

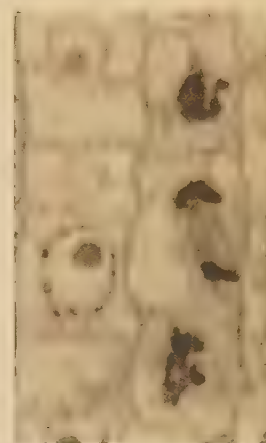

85


83

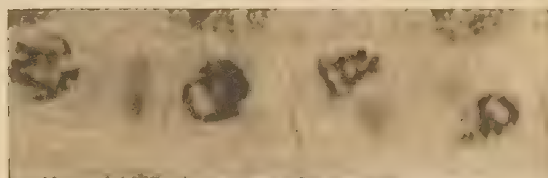

87

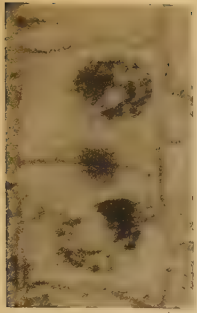

86

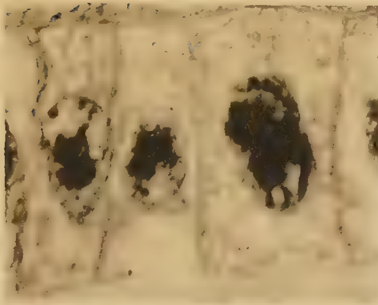

89

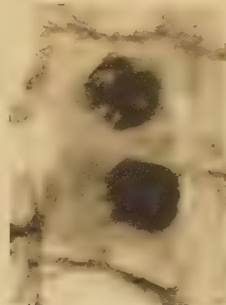

88


90

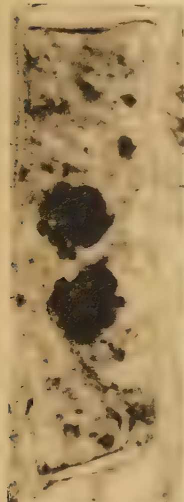

91

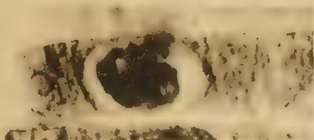

92


94


95


96


93


98

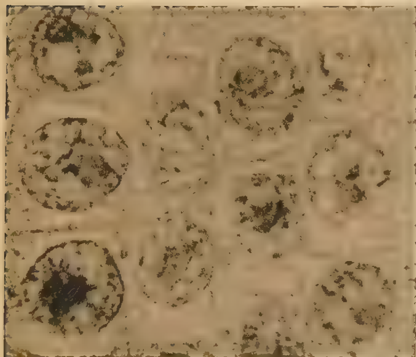

97


99


100


104


101


102


103

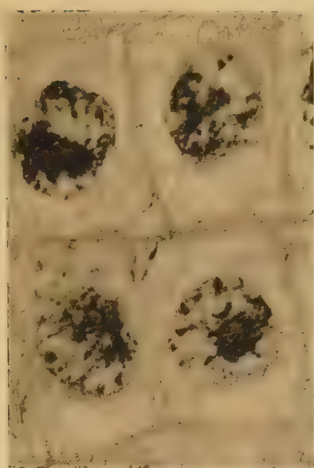

106


106 b

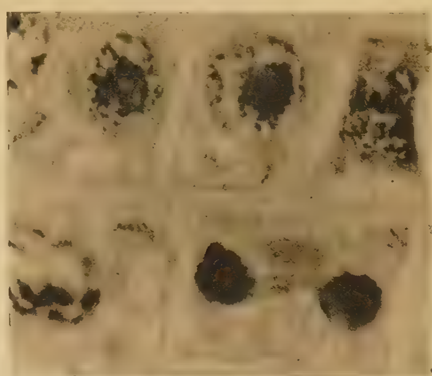

105



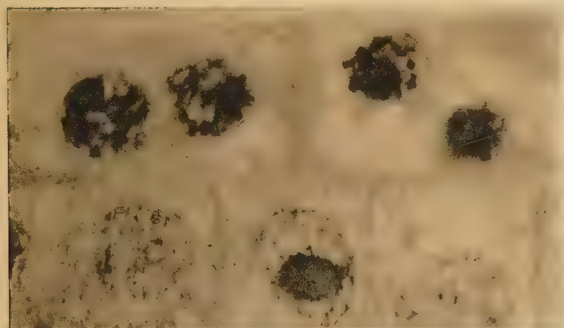
107



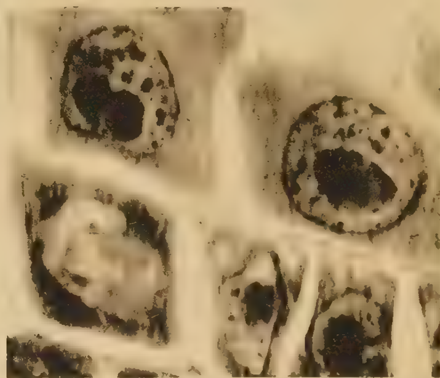
108



110



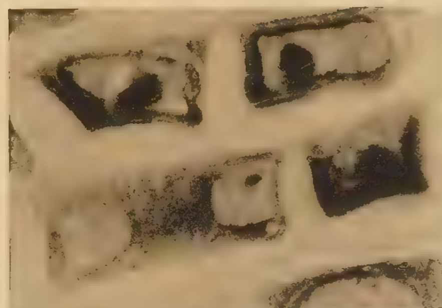
109



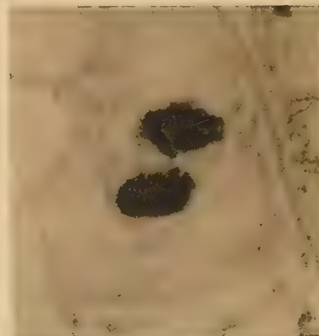
111



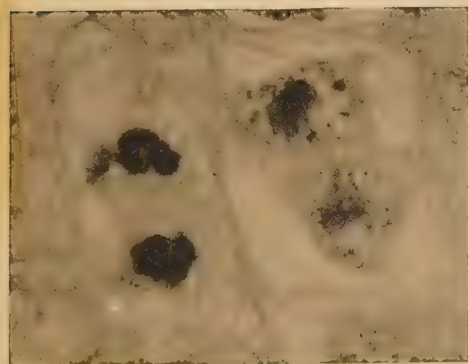
112



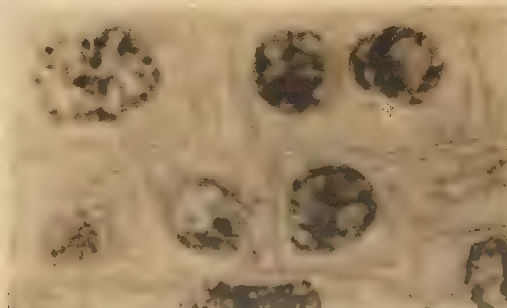
113



114

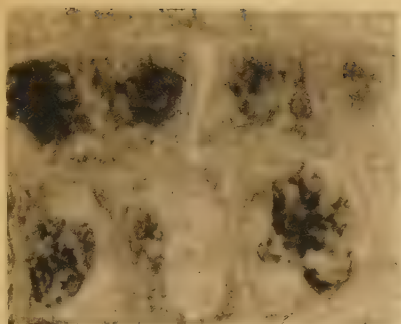


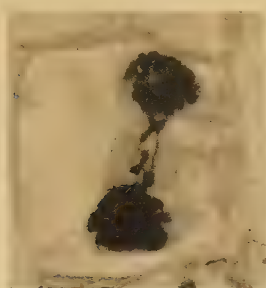
115



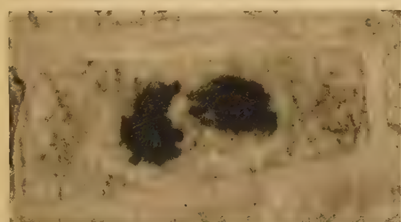
116

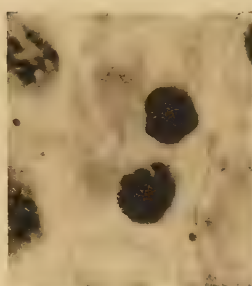
G. YAMAHA: Experimentelle zytologische Beiträge. I.

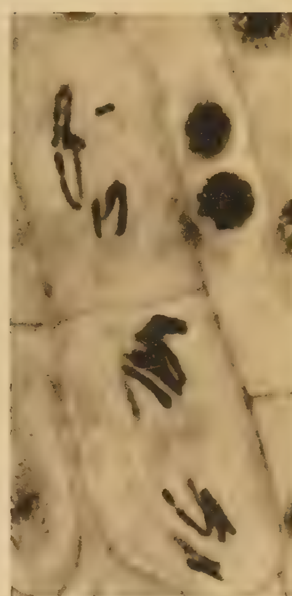

117


119


121


118


122

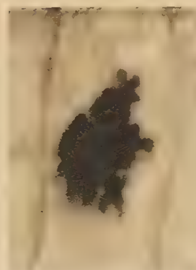

124


120


123


126


125


127


128

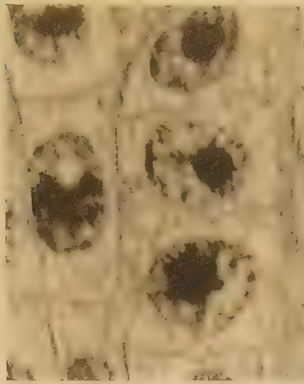

129


130


131

G. YAMAHA: Experimentelle zytologische Beiträge. I.

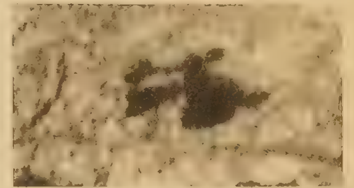

132

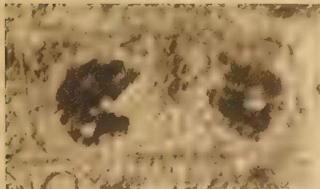

133


134


135


136

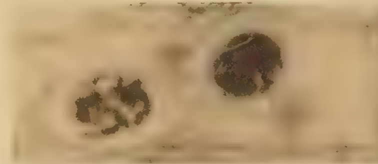

137


139

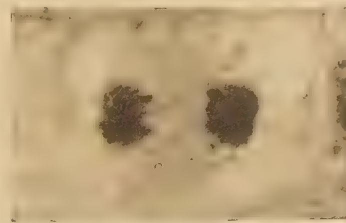

138

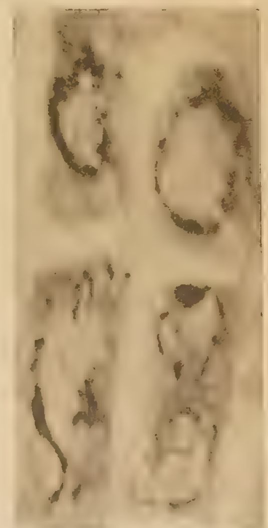

140

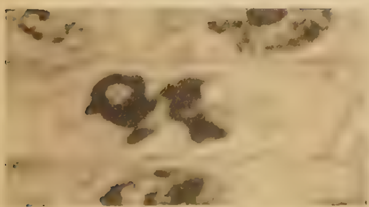

141


143


142


147


144


146


145

G. YAMAHA: Experimentelle zytologische Beiträge. I.


149

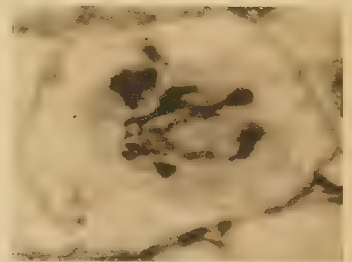

148


151


157


152


154

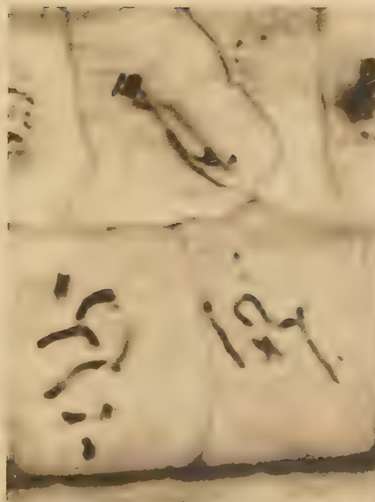

150


155

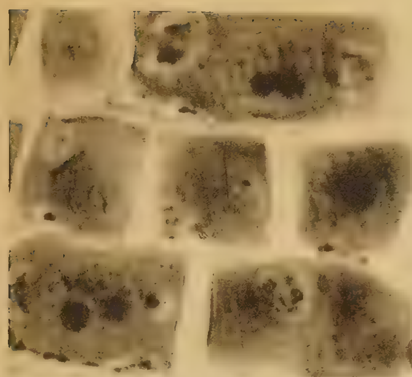

153


159


156

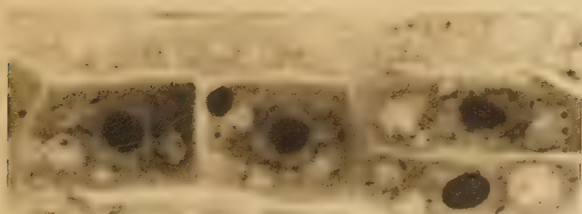

158


160


160 b


161


164


162


163


165


166


168


169


171


172

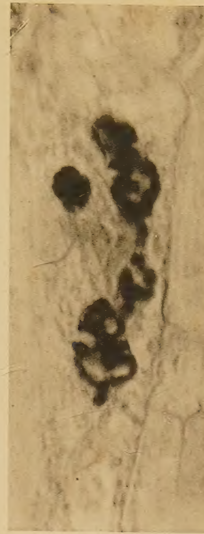

167


170

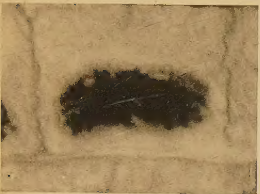

173


174

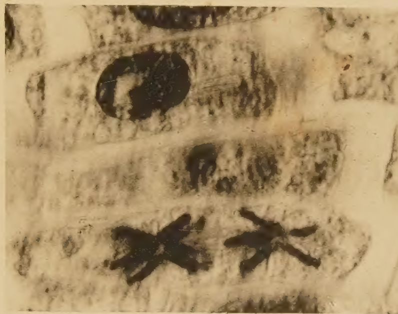

175


176

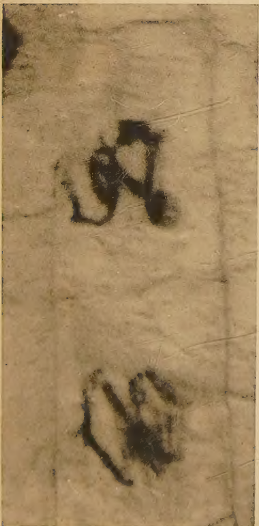

177


179

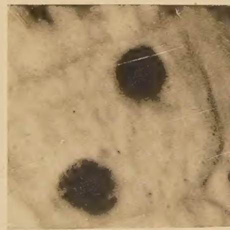

178

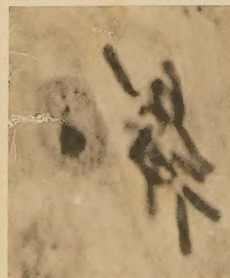

180


183


181


182


184


186


185

CONTENTS

This Journal is on sale at

Maruzen Co., Ltd.
11-16, Nihonbashi Tori-Sanchome, Tokyo

R. Friedländer & Sohn
Karlstr. 11, Berlin, NW. 6.

Price in Tokyo: Yen 4.60 for this Part.

昭和二年三月九日印刷
昭和二年三月十二日發行

編纂兼發行者 東京帝國大學

印刷者 東京市日本橋區兜町二番地 星野錫

印刷所 東京市日本橋區兜町二番地 東京印刷株式會社

賣捌所 東京市日本橋區通三丁目十四番地 丸善株式會社